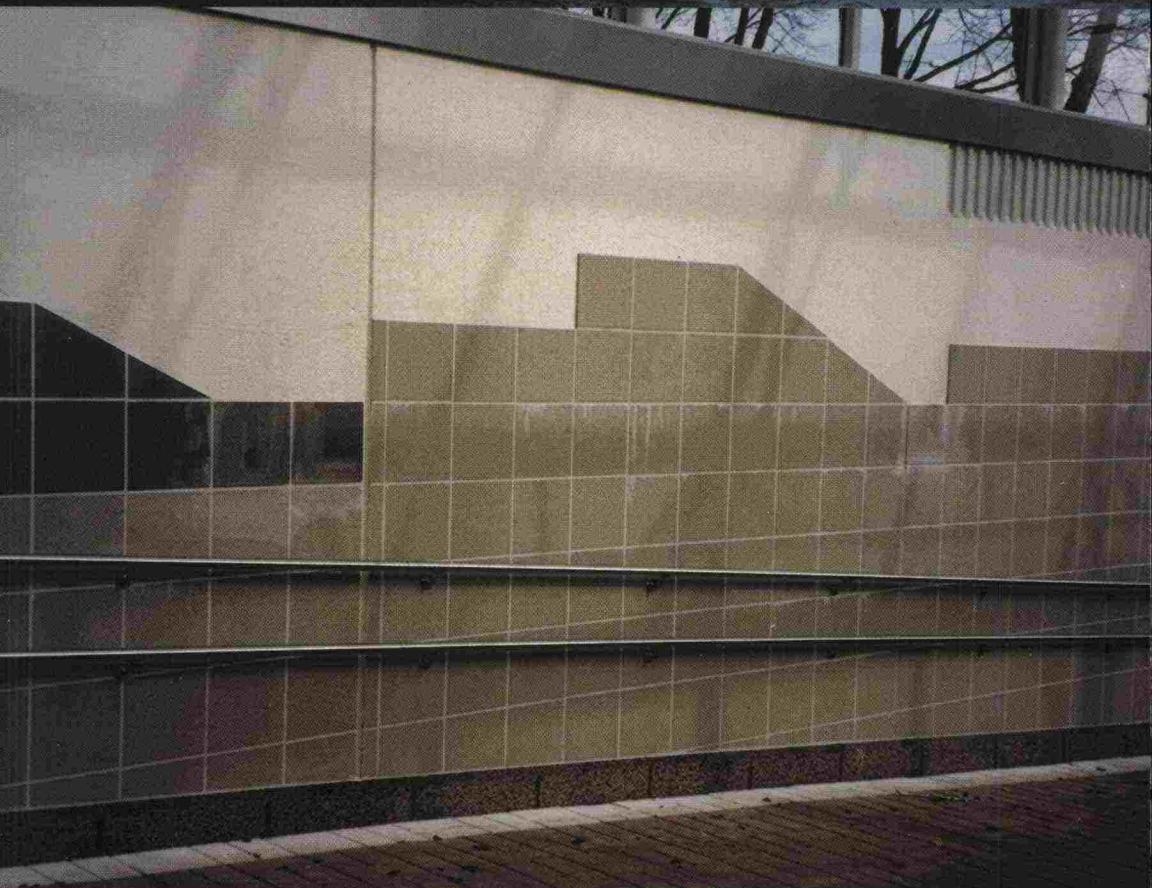


# Siltojen betonirakenteiden pinnat

Suunnittelu



# **Siltojen betonirakenteiden pinnat**

**Suunnittelu**

**Tielaitos  
TIEHALLINTO**

**Helsinki 2000**



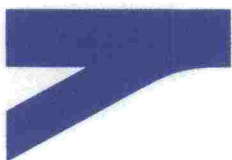


ISBN 951-726-607-3  
TIEL 2170012

Edita Oy  
Helsinki 2000

Julkaisua myy:  
Tielaitos, julkaisumyynti  
telefaksi 0204 44 2652  
e-mail [julkaisumyynti@tielaitos.fi](mailto:julkaisumyynti@tielaitos.fi)

**Tielaitos**  
TIEHALLINTO  
Siltayksikkö  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihde 0204 44 150



**VASTAANOTTAJA**

Tiepiirit  
Tuotanto, tuotantoalueet  
Tuotannon konsultointi, alueyksiköt

SÄÄDÖSPERUSTA  
TL 117 §

KORVAA

KOHDISTUVUUS  
Tielaitos

VOIMASSA  
26.6.2000 - toistaiseksi

**ASIASANAT**

Sillat, sillansuunnittelu, betonirakenteet, pinnan rakenne, ympäristö

---

**Siltojen betonirakenteiden pinnat – Suunnittelu (TIEL 2170012-2000)**

Tielaitoksen siltayksikkö lähettää oheisena tiedoksi ja siltojen suunnittelussa ja rakentamisessa käytettäväksi julkaisun Siltojen betonirakenteiden pinnat – Suunnittelu.

Julkaisussa esitetään siltojen betonirakenteiden erilaisten pintojen suunnitteluohjeita. Käytettäville pintatyypeille keskeisiä laatuvaatimuksia ovat ulkonäkö, säilyvyys ja kunnossapito. Julkaisua voidaan käyttää myös meluseinien, melukaiteiden ja muiden vastaavien ulkobetonirakenteiden uudis- ja korjausrakentamisessa.

Julkaisu täydentää Siltojen betonipintojen ulkonäön parantaminen (TIEL 2170011-1997) julkaisua.

Julkaisuun liittyy Siltojen betonirakenteiden pinnat – Siltakohtaisten laatuvaatimusten ja työtapaehtotusten mallit (TIEL 2170013-2000) julkaisu.

Apulaisjohtaja  
Siltayksikkö



Juhani Vähäaho

Tieinsinööri



Ossi Räsänen

**LISÄTIETOJA**

Ossi Räsänen  
Tielaitos, Siltayksikkö  
Puh. 0204 44 2636

**JAKELU/MYYNTI**

Tielaitos, kirjasto  
Puhelin 0204 44 2053  
Telefax 0204 44 2652

## JAKELU

Tiepiirit  
Siltainsinöörit  
Htl, Hte  
Hsi:n tekninen henkilökunta  
Tuotantoalueet  
Tuotannon sillansuunnittelijat  
Kirjasto 2 kpl  
TIEL:n ulkopuolinen jakelu / luettelo



## ALKUSANAT

Siltojen betonirakenteiden pinnat: Suunnittelu- julkaisu on tehty vuosina 1998—2000. Julkaisun ovat kustantaneet Tielaitoksen tiehallinnon siltayksikkö, Ratahallintokeskuksen tekninen yksikkö ja Helsingin kaupungin rakennusviraston katuosasto.

Julkaisun laatineeseen työryhmään ovat kuuluneet puheenjohtajana Ossi Räsänen (Tiehallinnon siltayksikkö), ja jäseninä Panu Koiso-Kanttila (Pukkila Oy), Matti Kuusivaara (Tiehallinnon siltayksikkö), Pasi Leimi (Ratahallintokeskus), Esko Matela (Oy VR-Rata Ab), Pekka Mesimäki (Stonecon Oy / Suomen Kiviteollisuus ry), Kristina Olander-Salmi (Tielaitoksen tuotannon konsultointi), Esko Palmu (Tiehallinnon siltayksikkö), Timo Rytönen (Helsingin kaupungin rakennusvirasto), Kimmo Sandberg (Tikkurila Oy) ja Pertti Virtanen (Best Seller Oy).

Konsultteina ovat olleet Jorma Huura ja Jouni Huura (Insinööritoimisto Jorma Huura Ky), Liisa Salparanta, Heikki Kukko ja Kalervo Orantie (VTT Rakennustekniikka) sekä Seppo Matala (Matala Consulting).

Helsingissä kesäkuussa 2000

Tiehallinto, siltayksikkö

## SISÄLLYSLUETTELO

1	YLEISTÄ .....	9
2	KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT .....	10
2.1	Käsitejärjestelmät .....	10
2.2	Termit .....	13
3	SUUNNITTELUSSA HUOMIOON OTETTAVIA TEKIJÖITÄ .....	20
3.1	Siltojen estetiikka .....	20
3.2	Rakenteiden muotoilu ja sillan varusteet .....	24
3.3	Rakenteiden liikkeet ja halkeilu .....	25
3.4	Kosteuden hallinta .....	26
3.5	Betonin valinta .....	27
3.6	Rauditus .....	30
3.7	Korjaustyön erityistoimet .....	31
4	BETONIRAKENTEIDEN PINTATYYPIT .....	32
4.1	Muottipinta .....	32
4.1.1	Muottimateriaalit .....	32
4.1.2	Betonipinnan kuviointi muotin avulla .....	34
4.1.3	Muottisiteet .....	35
4.1.4	Muottikankaan käyttö .....	36
4.1.5	Muotinirrotusaineet .....	37
4.1.6	Muottia vasten valetun betonipinnan laatuvaatimukset .....	38
4.2	Ruiskubetoni .....	39
4.3	Väribetoni .....	42
4.4	Tuoreen betonipinnan käsittely .....	44
4.4.1	Pesubetoni .....	44
4.4.2	Hierro .....	45
4.4.3	Harjaus .....	46
4.5	Kovettuneen betonipinnan käsittely .....	47
4.5.1	Suihkupuhdistus .....	47
4.5.2	Hakkaus .....	48
4.6	Betonipinnan suojaaminen .....	48
4.6.1	Impregnointi .....	50
4.6.2	Tiivistys .....	52
4.6.3	Pinnoitus .....	53
4.7	Betonipinnan verhoaminen .....	57
4.7.1	Klinkkeri .....	57
4.7.2	Luonnonkivi .....	63
4.7.3	Puu .....	72
4.7.4	Teräs .....	73
4.7.5	Tiili .....	74
4.7.6	Levyt ja verkot .....	75

---

4.8 Pintatyypin vaikutus betonirakenteen säilyvyyteen .....	78
4.9 Pintatyypin materiaaliominaisuudet .....	78
4.10 Pintatyypin kunnossapito .....	78
4.10.1 Töhrösten esto .....	78
4.10.2 Pintatyypin vaikutus kunnossapitoon .....	80
4.11 Pinnoille asetettavat tavoitteet .....	81
4.12 Betonirakenteiden pintojen periaateratkaisu .....	81
4.13 Betonirakenteiden pintojen laatuvaatimusten laatiminen ....	82
VIITEJULKAISUT .....	83



## 1 YLEISTÄ

Siltojen betonirakenteiden pinnat suunnitellaan joko betonipintaisiksi, tai niissä käytetään pinnoituksia tai verhouksia. Käytettävälle pintatyypille asetettavia keskeisiä laatuvaatimuksia ovat ulkonäkö, säilyvyys ja kunnossapidettävyys.

Tässä julkaisussa esitetään siltojen betonirakenteiden pintojen suunnitteluohteita. Julkaisuun liittyy *Siltakohtaisten laatuvaatimusten ja työtapaehtotusten mallit /1/* erillisenä julkaisuna. Julkaisua voidaan käyttää siltojen lisäksi meluseinien, melukaiteiden ja muiden vastaavien ulkobetonirakenteiden uudis- ja korjausrakentamisessa.

Julkaisu täydentää Tielaitoksen julkaisua *Siltojen betonipintojen ulkonäön parantaminen /2/*, josta käytetään tekstissä nimitystä perusjulkaisu. Muita viitejulkaisuja ovat mm.

- *Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset SYL 1 /3/ ja 3 /4/*
- *Tielaitoksen SILKO-ohjeet /5/*
- *Tielaitoksen julkaisu Risteyssiltojen estetiikka /6/*
- *Tielaitoksen ohje Betonirakenneohjeet /7/*
- *RYL 2000. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset /8/*
- *Suomen Betoniyhdistyksen julkaisut by 40 Betonipinnat /9/ ja by 41 Betonirakenteiden korjausohjeet /10/*
- *Suomen kuntatekniikan yhdistyksen julkaisu nro 14 Betoni- ja luonnonkivituotteet päällysterakenteena /11/.*

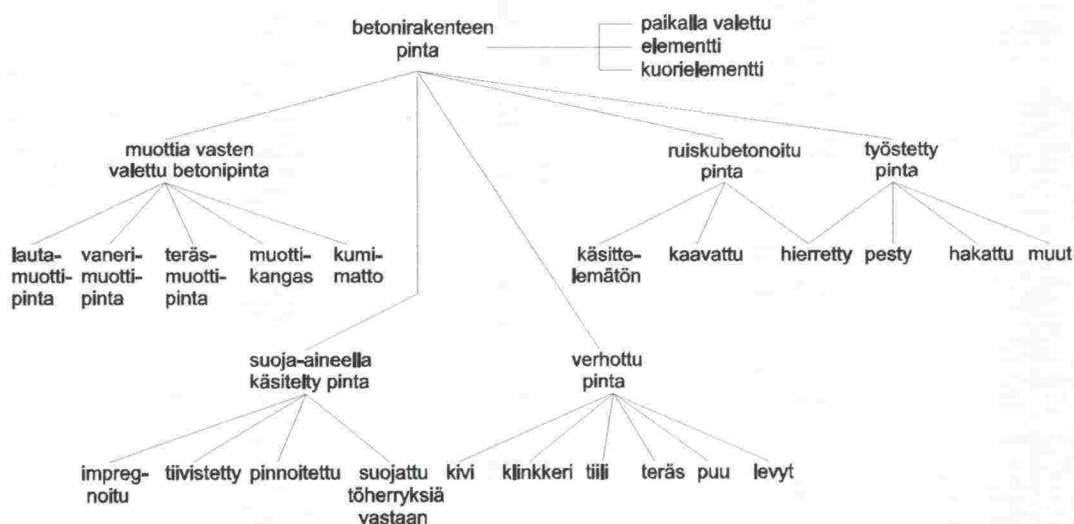
Muita lähdeaineistona käytettyjä laajasti asiaa käsitteleviä julkaisuja ovat

- *Kestävä kivitalo: Paikalla valetut betonipinnat /12/*
- *Betongens yta /13/.*

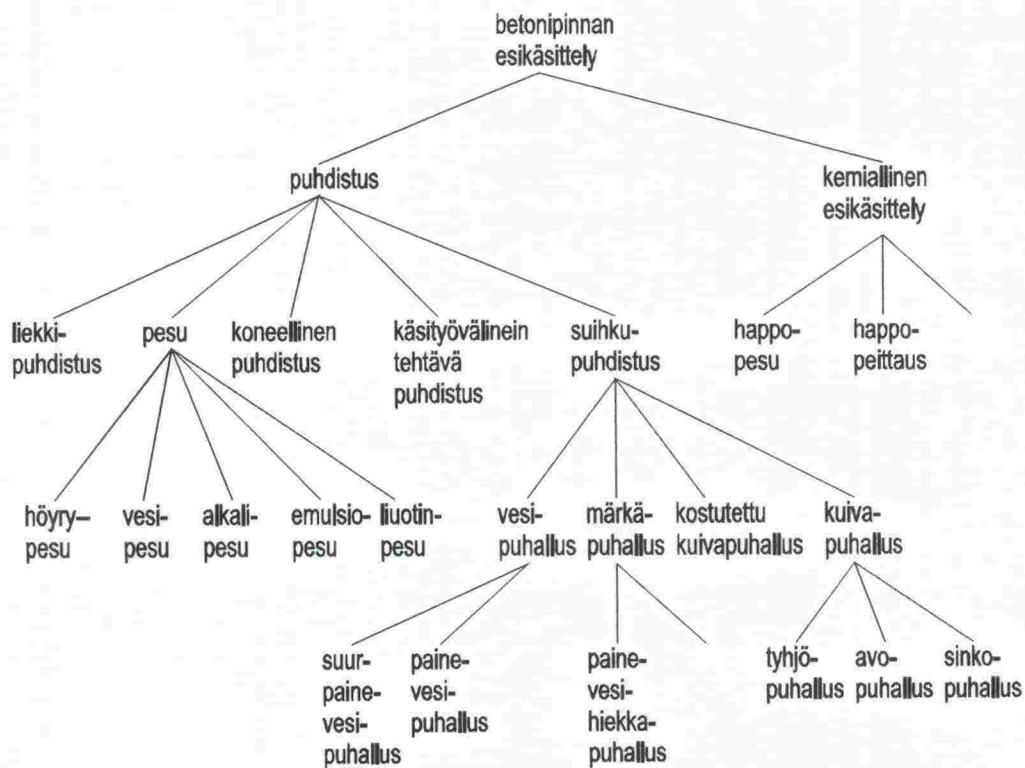
## 2 KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT

### 2.1 Käsitemjärjestelmät

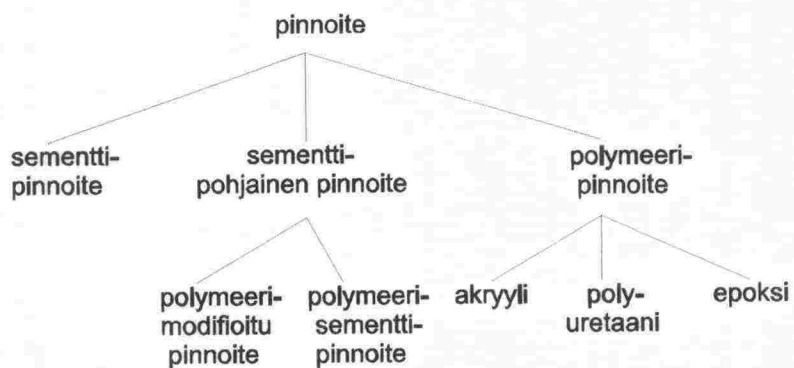
Suunnitelmien käsitemjärjestelmä on esitetty Tielaitoksen ohjeessa *Siltöjen suunnitelmat /14/*. Betonirakenteiden pintoja koskevat käsitemjärjestelmät on esitetty kuvissa 1—5.



Kuva 1. Betonirakenteen pintaan liittyvät käsitemet.

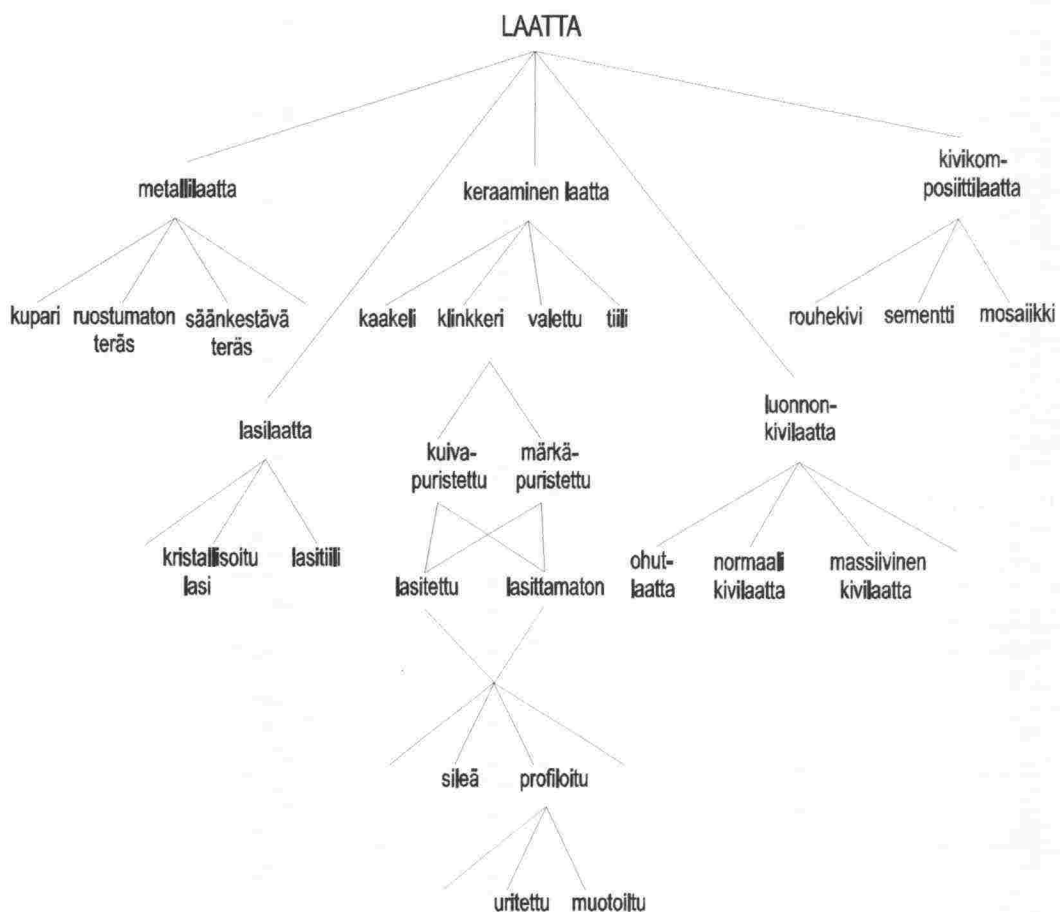


Kuva 2. Betonipinnan esikäsitelyyn liittyvät käsitteet.

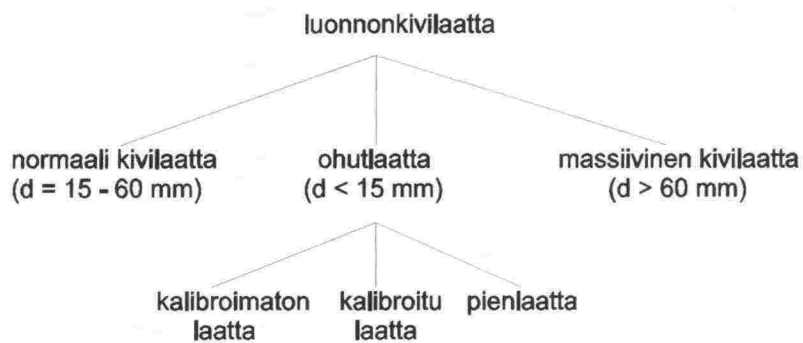


Kuva 3. Pinnoitteet sideaineen mukaan.





Kuva 4. Laattoihin liittyvät käsitteet.



Kuva 5. Kivitarvikkeisiin liittyvät käsitteet.

## 2.2 Termit

Tässä julkaisussa käytetyt yleiset termit on määritelty betonirakenteisiin soveltuviksi seuraavasti:

**alikulkusilta**

rautatiesilta, joka johtaa tien tai kadun yli

**alikulukäytävä**

tien tai kadun silta, joka johtaa kevyen liikenteen väylän yli

**alikäytävä**

rautatiesilta, joka johtaa kevyen liikenteen väylän yli

**esikäsittely**

betonipinnan esikäsittelyllä tarkoitetaan suojattavan alueen työstämistä siten, että pinnan tartuntaominaisuudet ja puhtaus vastaavat asetettuja vaatimuksia

**ettringiitti, trikalsiumsulfoaluminaattihydraatti**

kalsiumia, rikkiä ja alumiinia sisältävä yhdiste, joka paisuu kiteytyessään ja saattaa rikkoa kovettunutta betonia

**faasi**

aineyhdistelmien toisistaan erottuvien osien nimitys

**happopeittaus**

betonipinnan esikäsittelymenetelmä, jossa suoja-aineen tartuntaa estävä kerros poistetaan kemiallisesti hapolla

**hienosahattu sahatavara**

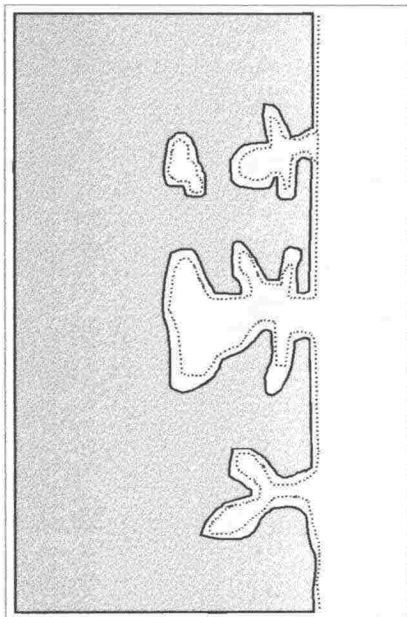
kuivatusta sahatavarasta yhdeltä tai useammalta sivulta vanne- tai pyörösaahalla sahattu puutavara

Pinta on lyhytnukkaisempaa kuin tuoreesta puutavarasta sahatussa.

**impregnointi vettä hylkivällä aineella**

nesteen imeyttäminen huokoiseen betonipintaan

Tavoitteena on saada aikaan vettähylkivä pinta, joka ei ole kuitenkaan neste-, höyry- tai kaasutiivis. Aine levitetään nestemäisenä ruiskuttamalla tai sivelemällä tai geelimäisenä telaamalla. Impregnointiaine ei sisällä pigmenttejä tai täyteainetta. Ks. kuva 6.



Kuva 6. Impregnointiaine ei muodosta tiivistä kalvoa.

**kaavaus**

tuoreen betonipinnan leikkaus haluttuun tasoon

**karkeahöylätty**

puupinta on tasoitettu, mutta sen ei tarvitse olla täysin sileä  
Höylän terä on koskettanut pintaa pääosiltaan.

**klinkkerilaatta**

märkä- tai kuivapuristettu ja poltettu laatta, jonka pinta on sileä, uritettu, karheutettu tai kohokuvioitu

Laatta voi olla lasittamaton, lasitettu tai osittain lasitettu. Pakkasenkestävien klinkkerien vedenimukyky saa olla enintään 1 %.

**komposiitti, komposiittimateriaali**

materiaali, joka koostuu kahdesta tai useammasta selvästi erottuvasta faasista, joista toinen, tavallisesti yhtenäinen faasi, on sideaineena ja toinen, esimerkiksi rakeinen tai kuitumainen, runkoaineena

Komposiiteista tärkeimmät ovat massakomposiitit ja kerroskomposiitit.

**kuivaseosmenetelmä; mieluummin kuin: kuivamenetelmä**

ruiskubetonointimenetelmä, jossa vesi sekoitetaan kuivaseokseen ruiskun suuttimessa



**kuullotus, laseeraus**

pinnan käsittely siten, että pohjamateriaali kuultaa käsittelykerroksen alta

**kuviomatriisi**

elastisesta muovista valmistettu muottiin kiinnitettävä kuvio, jonka profiilin syvyys on korkeintaan 20 mm

**kuviomuotti**

muottiin kiinnitettävä muovilevy, jonka profiilin syvyys on korkeintaan 100 mm

**liuote**; mieluummin kuin: liuotin

haihtuva neste, joka pystyy liuottamaan toista ainetta

Liuote on tavallisesti haihtuva orgaaninen (esim. alkoholi, tärpätti, bensiini) tai epäorgaaninen (esim. vesi) aine.

**maali**

pintakäsittelyaine, joka muodostaa kuivuttuaan yhtenäisen kalvon

Maaliyhdistelmän kokonaispaksuus on terässilloissa yleensä yli 300 µm.

**meislaus**

betonipinnan hakkaus taltalla ja talttavarasaralla (moska) tai muilla käsityövälineillä

Meislausta käytetään esimerkiksi murrettaessa pintaan valetut harjat pois.

**mitallistettu puutavara**

paksuudeltaan tai leveydeltään mittatarkaksi karkeahöylätty puutavara

**muottikangas**

muottiin kiinnitettävä kangas, joka rakenteensa avulla päästää lävitseen betonimassasta ylimääräisen veden ja ilman ja johtaa ne pois muotista

Tavoitteena on tiivistää betonipintaa vesisementtisuhdetta alentamalla ja ilmarakkuloita vähentämällä.

**märkäseosmenetelmä**; mieluummin kuin: märkämenetelmä

ruiskubetonointimenetelmä, jossa vesi on sekoitettu valmiiksi betonimassaan

**pesubetoni**

betonipinta, josta sideaine ja hieno runkoaine on pesty pois ennen pintabetonin kovettumista

**pigmentti**

yleensä jauhemuodossa oleva väriaine, joka sekoitetaan sideaineeseen antamaan väriä (väripigmentti)

Korroosionestomaaleissa pigmenttejä käytetään suojaamaan teräspintoja korroosiolta (korroosionestopigmentti).

**pinnoite**

betonin pinnalle levitettävä aine, joka tarttuu kovettuessaan alustaan ja muodostaa peittävän kalvon

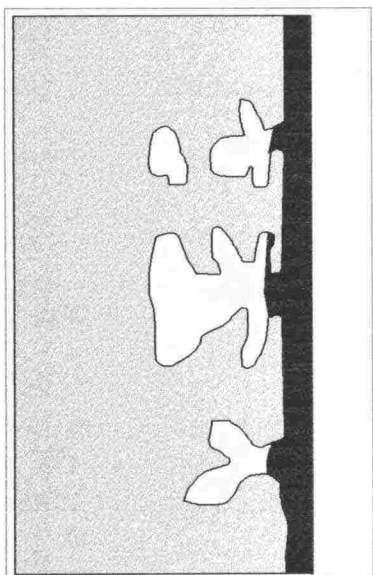
**pinnoiteyhdistelmä**

yhdestä tai useammasta määritellystä kerroksesta koostuva, määrätyn paksuinen betonin pinnan peittävä kalvo

**pinnoitus**

pinnan käsittely peittävällä kalvolla, joka tarttuu kovettuessaan alustaan

Tavoitteena on pinnan suojaaminen tarpeen mukaan jopa mekaanista kulutusta vastaan. Pinnoituksen paksuus on vähintään 80 µm. Pinnoitteessa on pigmenttejä ja täytetainetta. Ks. kuva 7.



Kuva 7. Pinnoite muodostaa tiiviin kalvon.

**polymeeri**

aine, jonka molekyylit epäsäännöllisyyksiä lukuun ottamatta koostuvat monesta yhteen liittyneestä pienimolekyylisestä rakenneyksiköstä, joiden lukumäärä on niin suuri, että muutaman yksikön lisäys tai vähennys ei vaikuta aineen ominaisuuksiin

**polymeerimodifioitu sementtipinnoite**

polymeeripitoinen sementtipinnoite, jossa polymeeriä on alle 5 % sementin painosta

**polymeeripinnoite**

pinnoite, jonka sideaine on polymeeri

**polymeeri-sementtipinnoite**

polymeeripitoinen sementtipinnoite, jossa polymeeriä on yli 5 % sementin painosta

**puhdasvalupinta**

betonipinta, joka jätetään näkyviin käsittelemättömänä tai käsitellään kuultavalla, käytetyn muottipintamateriaalin valujäljen näkyväksi jättävällä aineella

Tässä ohjeessa puhdasvalupinnan laatu on vähintään luokitusohjeen by 40 luokan 2 tasoa. Puhdasvalupinta-termiä ei käytetä laatuvaatimuksena.

**puhdistettava töherrystenestoaine**

töherrysten poistoa helpottava suoja-aine, joka vaikeuttaa töherrysten tarttumista pintaan tai helpottaa niiden poistamista tai molempia

Suojakerros muodostaa joko itsenäisen kalvon tai on osa pinnoitetyhdistelmää. Pinta voidaan puhdistaa pinnoitteen valmistajan suosittelemalla liuotteella (töherrystenpoistoaineella) useita kertoja.

Töherrystenpoistoaine levitetään töherrystenestoaineen päälle, ja se irrottaa töherrykset töherrystenestoaineen pinnalta.

**raakapontti**

pontattu kappale, jonka käyttölaite on sahapintainen ja takalape karkeahöylätty

**ratasilta**

rautatiesilta, joka johtaa vesistön yli

**risteyssilta**

tien tai kadun eritasoristeyksen silta

**ruiskubetoni**

betonimassa, joka ruiskutetaan paineilman avulla tai ruiskubetonimenetelmällä valmistettu kovettunut betoni

**sementtipinnoite**

pinnoite, jonka sideaineena on sementti

**sementtipohjainen pinnoite**

polymeeri-sementtipinnoite tai polymeerimodifioitu sementtipinnoite

Pinnoitteessa voi olla seosaineita.

**sideaine**

aine, joka sitoo yhteen runkoaineen partikkelit

Betonin sideaineita ovat rakennussementit ja seosaineet, joita ovat lentotuhka, masuunikuona ja silika.



**SILKO-hyväksytty, Tielaitoksen hyväksymä**

Tielaitoksen asettamien laatuvaatimusten mukainen

**silloittava pinnoite**

betonirakenteen halkeamissa tapahtuvia liikkeitä kestävä pinnoite

**silote**

pinnoitteen alle tai pinnoitekerrosten väliin levitettävä tuotekohtainen laasti tai massa, jolla täytetään betonipinnan huokokset ja reiät siten, että pinnan struktuuri ei muutu oleellisesti

Silotekerros on ohut, joten betonipinnan laudoituskuvio jää pääosin näkyviin käsittelyn jälkeen.

**slammaus, liettäminen**

betonipinnan pinnoittaminen sementin ja veden seoksella

**suihkupuhdistus**

esikäsittelymenetelmä, jossa pinta puhdistetaan puhaltamalla tai sinkoamalla rakeita suurella nopeudella

Betonipintojen puhdistuksessa käytetään yleensä kvartsihiekkaa. Pölyäminen estetään käyttämällä menetelmänä vesihiekkapuhallusta.

**tartunta-aine;** mieluummin kuin: primer; ei: tartuke

tartuntaa parantava tuotekohtainen nestemäinen aine

**tasapainokosteus**

kosteustila, johon materiaali asettuu pitkäaikaissäilytyksessä

**tasoite**

pinnoitettavalle tai päällystettävälle pinnalle levitettävä laasti tai massa, jolla alusta tasoitetaan määrättyyn tasoon ja muotoon

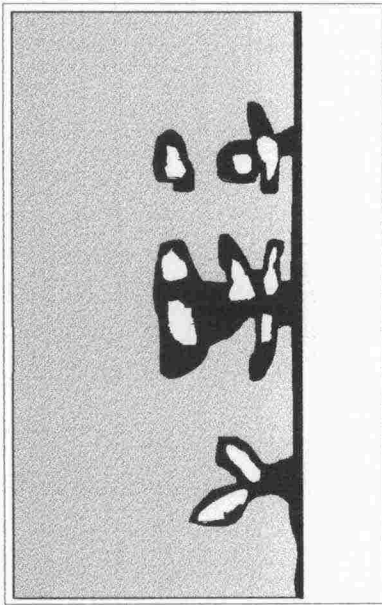
Tasoitekerros on ohut. Se voi peittää alkuperäisen pinnan laudoituskuvion, mutta se voidaan tehdä myös siten, että laudoituskuvio jää hieman näkyviin. Tasoitteella voidaan saada aikaan haluttu karheus tai muu pinnan struktuuri. Tasoitteen on oltava yhteensopiva alustan ja päälle tulevan kerroksen kanssa.

**tiivistys**

pinnan huokosten osittainen sulkeminen tai kosteussulun tekeminen ohuen kalvon muodostavalla aineella

Tavoitteena on pinnan neste-, kaasu- ja höyrytiiviyys sekä pinnan lujittaminen. Epäjatkuvan kalvon muodostavalla tiivistysaineella pinnalle tulee 0—100 µm:n kalvo. Tiivistysaineessa voi olla pigmenttejä ja täyteainetta. Termillä tiivistys voidaan viitata myös huokokset täyttävään impregnointiin.

Ks. kuva 8.



Kuva 8. Tiivistysaine muodostaa ohuen kalvon.

#### **töherrystenestoaine**

pinnan tai pinnoitteen suoja-aine, joka vaikeuttaa töherryksen tarttumista pintaan tai helpottaa niiden poistamista tai molempia tai jonka mukana töherrykset voidaan pestä pois

#### **uhrautuva töherryksenestoaine**

töherryksenestoaine, jonka mukana töherrykset voidaan pestä pois

Puhdistetun pinnan suojaus joudutaan pesun jälkeen tekemään uudestaan.

#### **väribetoni**

värillinen betoni, jonka väri saadaan yleensä aikaan väripigmenteillä

Väriä voidaan tehostaa käyttämällä värillistä runkoainetta. Valkoinen väri voidaan saada aikaan vain valkosementillä ja vaalealla runkoaineella.

#### **ylikulukäytävä**

kevyen liikenteen silta, joka ylittää tien tai kadun

#### **ylikäytäväsilta**

kevyen liikenteen silta, joka ylittää rautatien

#### **ylikulkusilta**

tien tai kadun silta, joka ylittää rautatien

Muut esikäsittelyyn liittyvät termit on esitetty ao. *SILKO-yleisohjeessa /15/* ja polymeerejä käsittelevät termit niitä käsittelevässä *SILKO-yleisohjeessa /16/*. Puuhun ja kiveen liittyviä termejä on esitetty mm. *Runko RYL 2000:ssa /8/*.



### 3 SUUNNITTELUSSA HUOMIOON OTETTAVIA TEKIJÖITÄ

#### 3.1 Siltöjen estetiikka

Sillat ovat merkittävä osa maisemaa. Näin ollen siltöjen estetiikkaan on kiinnitettävä suunnitteluvaiheessa riittävästi huomiota. Suunnitteluperiaatteena on, että suunnitellaan selkeitä kokonaisuuksia ja vältetään turhaa konstailua. Siltaa ja siltapaikkaa on käsiteltävä kokonaisuutena. Perustietoja on saatavissa julkaisuista *Risteyssiltöjen estetiikka /6/*, *Sillan ympäristösuunnittelu /17/* ja *Silta ja ympäristö /18/*.

Sillan suunnittelussa huomioon otettavia esteettisesti merkittäviä tekijöitä ovat

- sillan sijainti ja päämitat
- rakenneosien keskinäiset mittasuhteet ja muotoilu
- rakenteiden mittatarkkuuksien toleranssit
- materiaalin valinta
- pintojen kuviointi
- pintojen värit
- kaiteet, valaistus ja muut varusteet
- siltaan liittyvät rakenteet kuten portaat ja katokset
- viherrakenteet
- puhtaanapidon helppous ja luoksepäästävyys.

Betonipinnan ulkonäköön vaikuttaa pastan väri, näkyviin jäävän runkoaineuksen määrä, väri, rakeisuus ja muoto sekä pinnan karheus ja kuviointi (liite 1).

Suunnittelussa on vältettävä työvirheille alttiita ratkaisuja. Niitä ovat mm. suuret sileävalupinnat, pastellivärit, terävät särmät ja vaikeatekoiset yksityiskohdat sekä kohdat, joihin lika ja vesi jäävät seisomaan.

Sillan ulkonäön suunnittelussa on otettava huomioon myös ulkonäön muuttuminen ajan kuluessa ja suoja-aineen poistaminen tai verhouksen - purkaminen verhousta uusittaessa.

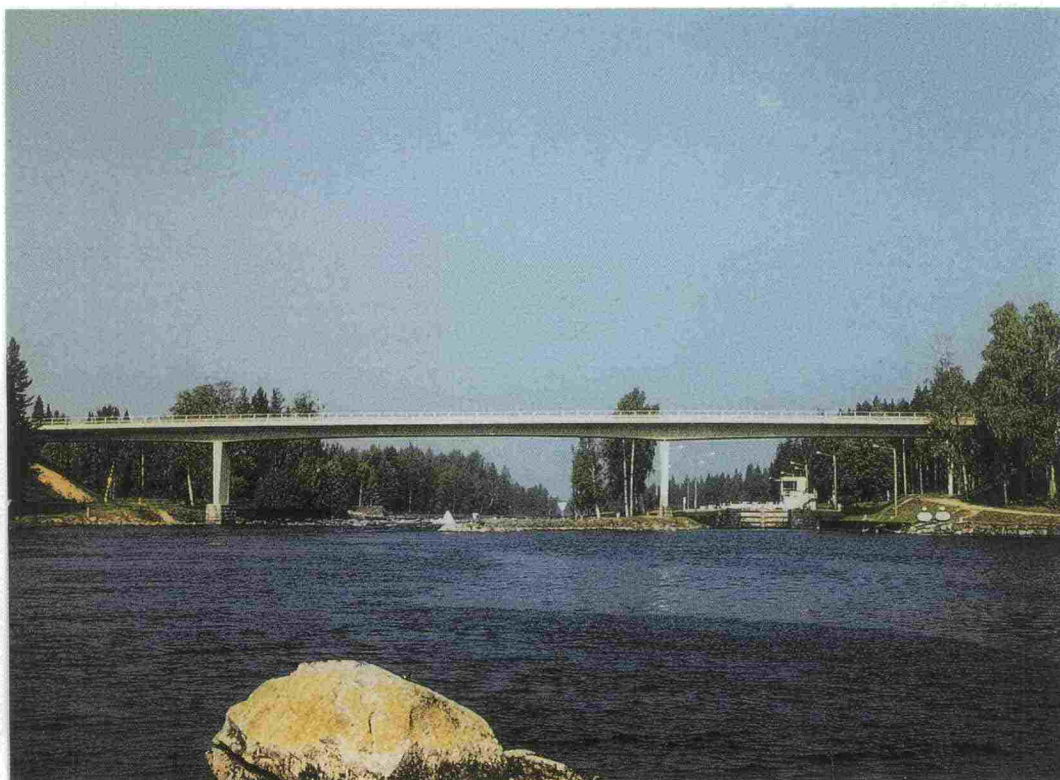
Sillan esteettiset vaatimukset määritetään *siltapaikkaluokituksen /19/* perusteella. Siltapaikkaluokitus on laadittu yhtenäistämään siltapaikan merkittävyyden arviointia ja vaikutusta. Siltapaikkaluokat ovat

- luokka I: erittäin vaativa
- luokka II: vaativa
- luokka III: huomattava
- luokka IV: tavanomainen.

Siltapaikkaluokka arvioidaan tiehallinnon tiepiirin tekemän ympäristöinventoinnin jälkeen. Arviointiin vaikuttavat sijainti, maisema-arvo, kulttuuriarvo, esteettiset vaatimukset ja ekologiset luonnonolot. Esimerkkejä eri siltapaikkaluokista on kuvissa 9—12.



Kuva 9. Siltapaikkaluokkaan I kuuluva silta (Jätkämyllysilta, Rovaniemi).



Kuva 10. Siltapaikkaluokkaan II kuuluva silta (Karvion silta, Heinävesi).





*Kuva 11. Siltapaikkaluokkaan II kuuluva silta (Oulunkylän aseman alikäytävä, Helsinki).*



*Kuva 12. Siltapaikkaluokkaan III kuuluva silta (Humppilan risteyssilta, Humppila).*



*Kuva 13. Siltapaikkaluokkaan IV kuuluva silta.*

Siltapaikkaluokka määritetään sillan esisuunnitteluvaiheessa, ja luokituksen pitää näkyä sillansuunnittelun lähtötiedoissa. Luokituksen tarkoituksena ei ole kaavamaisista suunnittelua, vaan tukea sitä. Mitä merkittävämmästä siltapaikasta on kysymys, sitä enemmän korostuu yksilöllinen suunnittelu. Arkkitehtisuunnittelun laajuudesta ja tasosta päätetään esisuunnitteluvaiheessa.



### 3.2 Rakenteiden muotoilu ja sillan varusteet

Risteyssillan, alikulkusillan ja ylikulkukäytävän rakenteita katsotaan yleensä nopeasti liikkuvasta ajoneuvosta, joten muotoilun on oltava selväpiirteistä. Valojen ja varjojen vaihtelu on tehokeino, mutta liikenneturvallisuus on pidettävä pääkriteerinä. Rakenteiden havaittavuus on tärkeä kriteeri varsinkin, jos alikulkukorkeus on rajoitettu tai sivuesteet ovat lähellä.



Kuva 14. Vaalea värisävy helpottaa lähellä ajorataa olevien rakenteiden havaitsemista pimeässä (Kurkelan risteyssilta, Lieto).

Alikulkukäytäviä ja alikäytäviä tarkastellaan läheltä ja hitaasti liikkuen, joten yksityiskohdilla ja viimeistelyllä on suuri merkitys. Aukon sopusuhtaiset, joustavan liikenteen sallivat mitat ja valoisuus ovat tärkeitä ulkonäön kannalta. Silta ja siltapaikan viherrakenteet on suunniteltava yhtenä kokonaisuutena. Valaistus on tärkeä tekijä myös turvallisuuden takia. Jos sillalla on kevyttä liikennettä, kaiteet, kiveykset yms. ovat tärkeitä ulkonäön kannalta.

Suunnitelmissa on otettava huomioon sillan ja viheralueiden pintavesien ohjauslaitteet siten, ettei vesiä valu betonipinnoille eikä keiloille. Jos käytetään tilapäisiä ruostuvia kiinnikkeitä tai varusteita, niistä ei saa tulla rumentavia valumia näkyviin jäävälle pinnalle.

Ratkaisuja vertailtaessa on otettava huomioon kunnossapito ja varsinkin kaupunkialueilla töherrysten poisto.



### 3.3 Rakenteiden liikkeet ja halkeilu

Rakennesuunnittelija suunnittelee siltojen liikuntasaumalaitteet ja -rakenteet. Jos pinnoituksen tai saumauksen suunnittelee joku muu, suunnittelu on tehtävä yhdessä rakennesuunnittelijan kanssa.

Sillan liikuntasauमारakenteet ja laakerit on suunniteltava siten, että sillan liikkeet mm. lämpöliikkeet pääsevät tapahtumaan rakenteita vaurioittamatta. Suunnitelmassa on esitettävä laakerien asennot ja liikesuunnat, jotta laakerit osataan asentaa oikein. Betonirakenteissa muodonmuutoksia ja siirtymiä aiheuttavat kutistumat ja lämpöliikkeet otetaan huomioon suunnittelemalla liikuntasaumamat, työsaumat ja valujärjestys.

Oikeilla rakenneratkaisuilla ja betonointitavoilla, kuten työsaumoituksella, valujärjestyksellä, betonimassan valinnalla ja jälkihoidolla, voidaan välttää betonirakenteisiin syntyviä halkeamia. Rakenneratkaisujen merkitys korostuu erityisesti ulokkeiden ja poikkileikkausten epäjatkuvuuskohtien halkeilun ja aikaisemmin valettujen rakenteiden tai kallion päälle valettujen seinämäisten rakenteiden kutistumishalkeilun rajoittamisessa.

Rakennusvaiheessa on kiinnitettävä erityistä huomiota telineiden perustamiseen, jotta reunapalkkeihin ja muihin rakenteisiin ei tule sillan ulkonäköä rumentavia taipumia ja halkeamia. Halkeilun rajoittamista koskevat suunnitteluohjeet on annettu *Tielaitoksen betonirakenneohjeiden* /7/ kohdassa 2.3.3. Halkeilua ja pinnoitusta on käsitelty myös *perusjulkaisun* kohdassa 3.



Kuva 15. Halkeillut päällysrakenne (Loimijoen silta, Huittinen).

Pinnoitetta valittaessa suunnittelijan on tiedettävä, mikä on määräävä pinnoitteelta vaadittava ominaisuus. Halkeamien silloituskyky on usein päällysrakenteissa tärkein laatuvaatimus, ja sitä varten on selvitettävä halkeamissa tapahtuvien liikkeiden suuruus. Sama koskee erilaisten saumausten suunnittelua.



Kuva 16. Kalkkihärme on osoitus kosteuden suotautumisesta rakenteen läpi.

### 3.4 Kosteuden hallinta

Siltoja suunniteltaessa on varauduttava betonipintojen myöhempään suojaamiseen. Sen vuoksi kosteutta ei saa suotautua haitallisessa määrin esimerkiksi maatumien ja kehäjalkojen läpi. Pinnoitteiden ja verhousten vesihöyrynläpäisevyys on rajallinen. Betoniin tulee jäätymisvaurioita, jos kosteus kerääntyy pinnoitteiden ja verhousten alle. Myös suoloja kulkeutuu kosteuden mukana. Tielaitoksen hyväksymien betonin suoja-aineiden vesihöyrynläpäisevyydet selviävät *SILKO-tarviketiedostosta /20/* ja tarkemmin aineiden myyjiltä saatavista hyväksytyn aineenkoetuslaitoksen tutkimus-selostuksista.

Betonirakenteiden kehäjalkojen, maatumien, siipimuurien ja tukimuurien, joiden pinnat pinnoitetaan tai verhotaan rakennusvaiheessa tai mahdollisesti myöhemmin korjausvaiheessa, taustat täytetään aina vettäläpäisevällä täytemateriaalilla. Sen lisäksi taustapinnoissa käytetään pystysalaojamattoja tai -levyjä, jotka päästävät rakenteesta suotautuvan kosteuden poistumaan, mutta estävät ulkopuolelta tulevan kosteuden pääsyn rakenteeseen. Sisäänpäin vinojen rakenteiden taustapinnoissa käytetään kuitenkin yleensä



kermieristystä tai ruiskutettavaa eristysmassaa. Paineellisen veden rasittaessa taustaa käytetään aina kermieristystä tai ruiskutettavaa eristysmassaa.

Pinnoite levitetään ja verhous asennetaan vasta, kun rakenne on kuivunut pinnoitteen tai verhouksen vaatimaan kosteustilaan.

Jos pinnoituksen tai pintarakenteet suunnittelee joku muu kuin rakennesuunnittelija, suunnittelu on tehtävä yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa.

Kalkkihärme on yksi näkyvimpiä värin epätasaisuuden aiheuttajia. Kalkkihärme muodostuu tavallisimmin uusille betonipinnoille sateen tai vesijälkihoidon seurauksena, kun betoniin imeytyneeseen veteen liukenee suoloja, lähinnä kalsiumhydroksidia. Kulkeutuessaan takaisin betonipinnalle tämä vesi haihtuu, jolloin pinnalle jäävä kalsiumhydroksidi karbonatisoituu, mikä näkyy kalkkihärmeenä. Kalkkihärme voidaan parhaiten välttää estämällä betonipintojen kastuminen ennen kuin betonin uloin pintakerros on karbonatisoitunut. Jälkihoitoaineen käyttö kastelun sijaan vähentää selvästi riskiä kalkkihärmeen esiintymiselle. Samalla estetään mahdollisten sateiden aiheuttama kalkkihärme.

### 3.5 Betonin valinta

Suunnittelija asettaa betonille laatuvaatimukset, joista tärkeimmät ovat

- lujuusluokka
- säilyvyys
- ulkonäkö.

Suunnittelijan tehtävä on vaatimusten yhteensovittaminen siten, että rakenne on mahdollista toteuttaa suunnitellusti. Betonipinnan laatuun vaikuttavat muotti, pintaraudoitus, betonin koostumus ja valutekniikka. Tämän vuoksi suunnittelijan, työmaan sekä raudoitteen ja betonin valmistajan kiinteä yhteistyö on välttämätöntä koko suunnittelu- ja toteutusvaiheen ajan.

Betonin laatuvaatimukset uudisrakennuskohteissa määritetään Tiehallinnon siltayksikön julkaisun *Betonirakenneohjeet* /7/ kohdan 4 mukaan ja sillankorjaustöissä *betonia sillankorjausmateriaalina käsittelevän SILKO-yleisohjeen* /21/ taulukon 8 mukaan. Ohjeissa on annettu siltakohtaiset vaatimukset ympäristöluokittain. Ympäristöluokassa Y1 siltaosat kuuluvat tieluokan, tien keskivuorokausiliikenteen ja tien suolaustason perusteella joko kohtuullisen tai ankaran rasituksen luokkiin. Betonin laatuvaatimukset harkitaan siltakohtaisesti, ja ne voivat olla em. ohjeissa annettuja vaativampia.

Betonin pakkasenkestävyyden lisäksi siltojen säilyvyyteen vaikuttaa merkittävästi betonipeitteen paksuus. SYL:ssä asetettujen betonin laatuvaatimusten ja Siltojen betonirakenneohjeessa asetettujen lujuuden, pakkasenkestävyyden ja betonipeitteen minimivaatimusten käyttäminen suunnittelussa ja toteutuksessa mahdollistaa sillalle asetetun 100 vuoden käyttöiän saavuttamisen.

Sillan ulkonäön suunnittelussa on otettava huomioon myös ulkonäön muuttuminen ajan kuluessa sekä suoja-aineen poistaminen tai verhouksen purkaminen verhousta uusittaessa.

Betonin osa-aineiden on täytettävä *Suomen rakentamismääräyskokoelman B 4:n /22/* kohtien 4.1.1.1 ja 4.1.1.7 sekä *SYL 3:n /4/* kohdan 3.3.1.1 vaatimukset.

Siltöjen suunnittelussa, betonin valmistuksessa ja betonoinnissa on otettava huomioon betonin koostumuksen vaikutukset betonipinnan laatuun. Puhdasvalubetonin suhteituksessa tulee pyrkiä homogeeniseen, hyvin koossapysyvään ja muokkautuvaan betoniin. Näiden ominaisuuksien saavuttamisessa on oleellista

- riittävä hienoainesmäärä (hieno hiekka < 0,25 mm ja sideaine)
- riittävä sideainemäärä
- kohtuullinen vesimäärä
- oikea lisäainekoostumus
- erottumisen ehkäisy
- huokoistuksen onnistuminen.

Siltabetoneiden suhteituksessa sideaineen vähimmäismäärä on 300 kg/m<sup>3</sup>. Betonin kutistuman ja siitä aiheutuvien pintavaurioiden rajoittamisessa kokonaishienoainesmäärää selvästi merkittävämpi tekijä on betonin pastaosuus (sideaineen ja veden yhteismäärä). Käytännössä korkealaatuisten P-lukubetoneiden (P50) sideainemäärät ovat yli 400 kg/m<sup>3</sup> ja vesimäärät alle 170 kg/m<sup>3</sup>. P30-tasoon päästään noin 350 kg/m<sup>3</sup>:n sideainemäärällä ja alle 180 kg/m<sup>3</sup>:n vesimäärällä. Siltabetoneiden vesi-sideainesuhteet jäävät yleisimmän alle 0,50:n. Suhteitus ei saa muuttua valun aikana.

Betonin enimmäispastaosuus runkoaineiden eri maksimiraekoolle voidaan arvioida *SYL 3:n* kohdan 3.3.2.3 mukaan. Tällöin runkoaineen hienoainesmäärä voidaan säätää betonimassan koossapysyvyysvaatimusten mukaan riittävän suureksi. Betonin koossapysyvyyttä voidaan parantaa merkittävästi silikajauheen käytöllä.

Runkoaineen maksimiraekoko on 32 mm, elleivät rauditus ja valettavuus edellytä pienempää raekokoa.

Muottipinnaltaan käsittelemättömäksi jäävässä arkkitehtonisessa puhdasvalubetonissa käytetään sideaineena rakennussementtiä CEM I tai CEM IIA (SFS 3165, SFS-EN 197-1). Seosaineita ei saa käyttää värieroriskin vuoksi. Lentotuhka tai masuunikuonajauhe voivat isoina määrinä aiheuttaa betoniin värieroja, jotka eivät tasaannu betonin ikääntyessä.

Lisäaineiden yhteiskäyttö on siltabetoneissa yleistä. Huokostimen ja notkistavien aineiden yhteiskäytössä pitää oikean ilmapitoisuuden ja huokosjakautuman sekä koossapysyvyyden varmistamiseksi kiinnittää erityistä huomiota ennakkokokeiden tekoon.



Tiheästi raudoitetuissa erikoisrakenteissa on syytä harkita itsetiivistyvän betonin käyttöä, jos rauditus estää kunnollisen tiivistämisen. Itsetiivistyvä betonin on kehitetty ilman tiivistystä tapahtuvia betonointeja varten. Nesteytetty betoni ei yleensä ole itsetiivistyvää.

Korkealujuusbetonien valinta tulee harkita tarkoin tavoiteltaessa säilyvyystasoa P70. Mikäli P70-tasoa halutaan käyttää, suositeltavaa olisi käyttää enintään lujuusluokkaa K60 korkealujuusbetoneihin liittyvien halkeiluriskien ja massan lyhyen työstettävyysajan vuoksi.

Betonipinnan värin tasaisuuden varmistamiseksi tulee ottaa huomioon mm. seuraava seikat:

- Sementtityypin tai valmistajan vaihtaminen kesken betonointityön saattaa aiheuttaa väri vaihtelua.
- Tasavärisyyden edellytys on erottumaton massa. Tämän vuoksi hienoainespitoisuuden tulee olla riittävä, ja massan tulisi olla notkeusluokituksestaan enintään notkea.
- Vaihtelut runkoaineen rakeisuudessa vaikuttavat helposti vesimäärään ja vesi-sementtisuhteeseen ja edelleen betonin väriin, siksi runkoaineen rakeisuuden tulisi olla tasainen koko työn ajan. Normaali luonnonfilleri antaa vaaleamman ja tasavärisemmän betonipinnan kuin lentotuhka.

Tavallisen betonipinnan tummuuteen vaikuttavat tekijät on esitetty taulukossa 1.

Uusista betonilaaduista itsetiivistyvällä betonilla saavutetaan korkealaatuisia betonipintoja. Itsetiivistyvä betoni on betonia, joka tiivistyy painovoimaisesti ilman ulkopuolista tärytystä. Oikein suhteitetun itsetiivistyvän betonin hyvää koossapysyvyys varmistaa tasalaatuisen betonipinnan, jossa ei esiinny pinnan runkoaine- eikä huokoskasaumia. Itsetiivistyvän betonin käytöllä vältetään massan erottumisen aiheuttamalta, pinnan laatua heikentävältä jälkipaikkaustyöltä. Betonipinnan väri vaihtelu on vähäisempää, ja pinnasta tulee tiiviimpi ja jonkin verran vaaleampi kuin tärytystiivistettävällä betonilla. Itsetiivistyvää betonia käytettäessä muotiniirrotuksen on todettu aiheuttavan vähemmän vaurioita betonipintaan. Myös töherrysten poisto tiiviimmästä betonipinnasta on helpompaa.

Koska itsetiivistyvää betonia käytettäessä massan virtaavuus saadaan aikaan notkistimien ja nesteyttimien tapaan toimivilla lisäaineilla, tulee massan hyvä koossapysyvyys varmistaa ennakkokokein. Myös betonin ilman pysyvyys tulee varmistaa ennakkokokein. Työmaalla tulee olla valuohteet oikean valutavan ja valukohtien määrittämiseksi.



Taulukko 1. Betonipinnan tummuutta säätelevien tekijöiden vaikutus.

Tekijä	Vaalentaa betonipintaa	Tummentaa betonipintaa
Sementti	Valkosementti	SR-sementti
Vesi-sementtisuhte	Korkea	Alhainen
Hienoainesmäärä < 0,25 mm	Vähäinen	Runsas
Muotin puolaji	Kuusi	Mänty
Muotin pintamateriaali	Teräs, muottivaneri	Sahatavara
Puisen muottipinnan kosteus	Märkä	Kuiva
Puisen muottipinnan kovuus	Kova	Pehmeä
Auringonvalon vaikutus puumuottiin	Auringonvalolta suojassa	Auringonvalon kellastama
Muotinirotusaineen määrä	Vähäinen	Runsas
Muotin tiiviys		Vesi kulkeutuu saumoista läpi
Muottipaine	Vähäinen	Suuri
Runkoainesrakeet		Isot rakeet lähellä pintaa
Tärytys	Pitkä tärytysaika Jälkitärytys	Lyhyt tärytysaika
Betonin kuivuminen	Hidas	Nopea
Sementin hydrataatioaste	Korkea	Alhainen
Vesisade nuorella iällä, vesijälkihoito	Tavallinen (kalkkihärme)	Lyhyt, ei seisovaa vettä
Lämpötila	0...+5 °C (kalkkihärme)	

### 3.6 Rauditus

Raudituksen suunnittelussa pitää ottaa huomioon betonin valettavuuden, erottumattomuuden ja käytettävän tiivistysmenetelmän asettamat vaatimukset. Raudituksen suunnittelussa ja toteutuksessa on noudatettava seuraavia periaatteita:

- Betonointia varten (valusukka, betonipumpun letku) yläosien raudoitukseen on jätettävä aukkoja 1—1,5 m:n välein.
- Samansuuntaisten raudoitustankojen vapaan välin on oltava vähintään 1,5 kertaa runkoaineen maksimiraekoko, elleivät betoninormit edellytä suurempaa väliä (*RakMK B4 kohta 4.2.3.2*).

- Raudoituksen etäisyyden muottipinnasta on oltava vähintään 3—5 mm maksimiraekokoa suurempi. Etäisyyden on joka tapauksessa aina täytettävä siltasuunnitelmassa esitetyt vaatimukset.
- Raudoituksen paikallaan pysymiseen on kiinnitettävä huomiota. Suunnitelmaan on hyvä laatia raudoituksen tuentaehdotus, jonka on oltava yhteensopiva muottisuunnitelman kanssa. Raudoituksen suunnittelu ja toteutus esivalmistetuilla, hitsatuilla raudoitteilla takaa jäykän ja hyvin paikallaan pysyvän kokonaisuuden.
- Raudoituksen asennuksessa on käytettävä sellaisia välikkeitä ja työteräksiä, joilla muottipintaa vaurioitetaan mahdollisimman vähän. Raudoitustangot on sidottava toisiinsa ja välikkeet on tuettava muottia vasten. Sidelangat taivutetaan muottipinnasta poispäin. Sekä muovivälikkeet että betonivälikkeet voivat lisätä betonin karbonatisoitumista välikkeen läheisyydessä. Välikkeen ja betonin rajapinta toimii betonin karbonatisoitumisen kannalta kuten pieni halkeama betonissa. Muovivälikkeet saattavat aiheuttaa betonivälikkeitä suuremman riskin kloridien tunkeutumiselle välikkeen ja betonin rajapinnasta aina raudoituksen syvyyteen asti.

Koska raudoituksen asennusvälikkeiden kiinnitys naulaamalla aina heikentää muottia vasten valetun pinnan laatua, on nauloja syytä käyttää vain tarvittava määrä. Näkyviin jäävissä pinnoissa käytetään alumiininauloja.

### 3.7 Korjaustyön erityistoimet

Pieniä paikkaustöitä lukuun ottamatta on sillan betonipintojen korjaamista ja suojaamista varten aina tehtävä erikoistarkastus ennen korjaussuunnitelman laatimista. Erikoistarkastus tehdään *Tielaitoksen sillantarkastusohjeen* /23/ mukaan. Erikoistarkastuksessa selvitetään mm. betonin karbonatisoituminen ja kloridipitoisuus sekä raudoituksen betonipeite ja korroosiotila. Betonin mikrohalkeilu ja muu mikrorakenne selvitetään tarvittaessa tutkimuslaboratoriossa tehtävällä ohuthietutkimuksella.

Korjaussuunnitelmaan kuuluu laatuvaatimukset, työselitys, määräluettelo ja piirustukset.

Korjaussuunnitelmaa laadittaessa tärkeimpiä vaiheita ovat periaateratkaisun teko, materiaalivalinnat sekä laatuvaatimusten ja laadunvarmistustoimien määrittely (*SFS-ENV 1504-9*). Laatuvaatimukset ja työselitys laaditaan tähän ohjeeseen liittyvää julkaisua *Siltojen betonirakenteiden pinnat. Siltakoh- taisten laatuvaatimusten ja työtapaehtotusten mallit* /1/ soveltaen. Korjaussuunnitelmassa esitetään käytettävät SILKO-ohjeet. Jos SILKO-ohjeessa on esitetty vaihtoehtoisia ratkaisuja, yksilöidään niistä työhön sopiva yksi tai useampi ratkaisu. Suunnitelmassa ei toisteta tarpeettomasti SILKO-tekstiä, vaan täydennetään sitä tapauskohtaisesti sekä varoitetaan aikaisemmin vastaavissa töissä havaituista virheistä.





Kuva 17. Sillan pinnoittaminen.

## 4 BETONIRAKENTEIDEN PINTATYYPIT

### 4.1 Muottipinta

Muottia vasten valetun betonipinnan laatuun ja ulkonäköön vaikuttavat

- betonin koostumus
- rakenteen pinnan muodot
- muottimateriaali ja sen suunta
- betonimassan tiivistys
- muottien purku ja purkamisen ajoitus
- jälkihoito.

#### 4.1.1 Muottimateriaalit

Muottimateriaali valitaan siten, että sillan rakennussuunnitelmassa ja SYL 3:n /4/ kohdassa 3.2 esitetyt laatuvaatimukset täyttyvät. Teline- ja muottitoista laaditaan työvaihekohtainen suunnitelma näitä töitä koskevien ohjeiden /24 ja 25/ mukaan.

Muotin vaikutusta betonipinnan väriin on kuvattu taulukossa 1.

Eri aikoina valettujen näkyviin jäävien rakennneosien muotit täytyy purkaa värierojen välttämiseksi vaiheittain siten, että eri valuosien betonille saadaan sama kokonaisjälkihoito.

Sillanrakentamisessa on käytetty perinteisesti sahattua, höyläämätöntä tai mitallistettua lautamuottia. Ulkonäöltään hyvä pinta saadaan hienosahatulla



puutavaralla. Vanhoissa pinnoissa on usein purseita ja sementtiliiman erottumia muottilautojen saumojen kohdilla. Mitallistettua ponttilautaa käytettäessä purseet ja erottumat ovat vähentyneet, mutta niistä ei ole kuitenkaan päästy kokonaan eroon. Pontattuja lautoja käyttämällä voidaan oleellisesti vähentää jälkitöitä lisäävien betonipurseiden esiintymistä.

Imukykyinen muotti parantaa betonin säilyvyyttä. Lautamuotti on pidettävä kosteana ja kasteltava hyvin valua edeltävänä päivänä, sillä kuivasta muotista betonipintaan jää säleitä. Lautojen vedenimukyvyn vaihtelu aiheuttaa betonin pintakerroksen vesi-sideainesuhteen vaihtelua ja tummuuseroja betonipintaan. Imukyvyn vaihtelu johtuu mm. lautojen erilaisesta kosteustilasta ja lautojen huokoisuudesta (kovuudesta), joka on erilainen esimerkiksi pintapuulla ja sydänpuulla. Oksat imevät enemmän vettä ja aiheuttavat betonipintaan tummia kohtia.

Värieroja esiintyy myös käytetyn ja uuden puutavaran välillä. Samoin aurin gon paisteessa kellastuneet laudat aiheuttavat helposti värivaihtelua. Muottilautoja ei saa käyttää uudestaan näkyviin jäävissä pinnoissa.



Kuva 18. Hyvä lautamuottipinta, jossa näkyy pinnan patinoituminen.

Vanerimuotteja käytetään näkyvissä pinnoissa harkiten. Erityisesti pystypintojen betonin pintakerrokseen tulee ilman erikoistoimia paljon ilmahuokosia, jotka huonontavat säilyvyyttä ja ulkonäköä. Muottien saumat näkyvät selvästi, joten niiden sijoitteluun on kiinnitettävä erityistä huomiota. Jos sauma ei ole arkkitehtonisesti hyväksyttävä, se voidaan siistiä käyttämällä rimaa tai muuta pinnan katkaisutapaa. Vanerimuottia vasten valettu pinta on sileä, ja värierot näkyvät selvästi. Jos pinta halutaan pinnoittaa, käytetään pinnoittamatonta vaneria, koska tartunnan vaatimaa karheutta saattaa olla muuten vaikea saavuttaa. Vanerimuotit on tarkoitettu toistuvaan käyttöön.





Kuva 19. Vanerimuottien saumat näkyvät betonipinnassa.

Teräs- ja muovipintaisiamuotteja ei suositella siltojen paikallavalutöihin ilman lautapinnoitusta, koska betonipintaan tulee huokoisuutta ja halkeamat näkyvät selvästi. Peltiprofiilien käyttöä siltojen muotteina on selostettu *perusjulkaisun* /2/ kohdassa 4.3.5.

#### 4.1.2 Betonipinnan kuviointi muotin avulla

Sahatavaraa käytetään myös betonipinnan elävöittämiseen siten, että tasaiseen muottipintaan kiinnitetään rimoja ja lautoja. Muotin valmistuksessa on otettava huomioon seuraavaa:

- Uran syvyys saa yleensä olla korkeintaan 30 mm.
- Vaakasuntaiset urat keräävät likaa ja aiheuttavat likavalumia, joten niitä on käytettävä harkiten.
- Raudoituksen betonipeitevaatimuksen pitää täytyä uran pohjalta mitattuna, mikä otetaan huomioon välikkeiden sijoituksessa.

Yksityiskohtien suunnittelussa on otettava huomioon puun muottimateriaaliominaisuudet ja kosteuskäyttäytyminen, jotta muotin purku on mahdollista betonipintaa vaurioittamatta. Puurimoituksen rimojen sivut on viistettävä niiden irrotuksen helpottamiseksi.

Uritettua kumimattoa on käytetty pinnan elävöittämiseksi mm. alikulkukäytäväelementtien muoteissa.

Myös vanerilevyjä ja elastisesta muovista valmistettuja kuviomatriiseja ja muotteja on myös käytetty. Niiden käyttöä siltojen muotteina on selostettu *perusjulkaisun* /2/ kohdissa 4.2.2—4.2.4. Muotin irrottamista varten on käytettävä muotiniirrotusainetta.





Kuva 20. Muottiin kiinnitetyillä rimoilla kuvioitu betonipinta.

#### 4.1.3 Muottisiteet

Muottipaineet vaativat usein muottisiteiden käyttöä. Materiaali ja siteiden paikat valitaan siten, että siteistä tai niiden paikkauksista aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa ulkonäölle. Muottisiteiden paikat voidaan arkkitehtonisista syistä merkitä piirustuksiin.

Muottisiteitä käytetään seuraavasti:

- Valuun kiinni jäävä teräksinen muottiside on voitava katkaista suunnitelmassa vaaditulta raudoituksen betonipeitteen syvyydeltä. Paikkauslaastin värisävy on valittava betonin mukaan, jotta paikkaus ei erotu muusta pinnasta rumasti.
- Kartiomainen laajennusosa teräksisen muottisiteen reiän suulla voidaan poistaa ja paikata siististi, jos laastin värisävy valitaan oikein.
- Valuholkin sisään asennettu muottiside voidaan poistaa muotteja purettaessa. Ruostumaton valuholkki jää näkyviin.
- Alumiiniset muottisiteet voidaan yleensä katkaista betonipinnasta. Tankoa pitkin saattaa tulla vesivuoto, joka tummentaa kohdan. Jos pinta pinnoitetaan, alumiinisetkin muottisiteet katkaistaan vaaditulta betonipeitesyvyydeltä ja varauskolot paikataan.
- Pyöreitä reikiä voidaan sulkea betonin värisillä muovitulpilla.
- Kiinnityksissä suositellaan käytettäväksi alumiininauloja. Ruostuvia nautoja ei saa käyttää.
- Muotin lävistävien muottisiteiden reiät on tehtävä tiiviiksi valumien välttämiseksi.



Kuva 21. Symmetrisesti asennetut muottisiteet.

#### 4.1.4 Muottikankaan käyttö

Muottikangasta käyttämällä saadaan lähes huokoseton betonipinta ja betonin säilyvyys paranee. Muottikankaassa on huokosverkosto, joka johtaa pintakerroksesta ilmaa ja jonkin verran vettä betonia täytettäessä. Muottikangas jättää betonipintaan kangasmaisen kuvion ja saattaa aiheuttaa kirjavuutta. Muottikankaan käytöstä saatuja kokemuksia on esitetty *perusjulkaisun* /2/ taulukossa 2.

Muottikangasta käytetään etenkin siltojen reunapalkeissa, pyloneissa ja poikkileikkaukseltaan suorakaiteenmuotoisissa pilareissa. Muottikankaan on oltava Tielaitoksen hyväksymä. Käytössä noudatetaan tarvikekohtaisia ohjeita.

Muottikangas on kiinnitettävä muotteihin hyvin, jotta se ei pääse poimuuntumaan valun aikana. Muottikankaat vaurioituvat herkästi, joten niitä on käsiteltävä erityisen varovasti. Isojen pintojen muoteissa kankaaseen joudutaan tekemään reikiä muottisiteiden kohdille.

Koska muottikangas tiivistää betonin pintaa, pinnan suojaaminen impregnoimalla ei ole tarpeen. Jos betonipinta halutaan ulkonäkösyistä pinnoittaa, suihkupuuhdistuksen tarve harkitaan hankekohtaisesti.

Siltatöissä sallitaan muottikankaan toistuva käyttö vain, jos kangas saadaan puhtaaksi ennen seuraavaa käyttöä.





Kuva 22. Muottikangasta vasten valettu pinta.

#### 4.1.5 Muotinirrotusaineet

Muotinirrotusaineiden käytöllä pyritään estämään betonipinnan vaurioituminen muotin purkamisen yhteydessä. Muotinirrotusaineet tiivistävät muottimateriaaleja ja estävät veden imeytymisen betonipinnasta muottiin, jolloin betonipinnasta tulee vaaleampi. Muotinirrotusaineen on oltava yhteensopiva muiden sen kanssa kosketukseen joutuvien aineiden kanssa.

Puu- ja vanerimuoteilla valettaessa puhdasvalupintojen muotinirrotusaineina voidaan käyttää seuraavia aineita:

- mineraaliöljypohjaiset lisäaineilla täydennetyt ja vesiöljyemulsiot
- kemiallisesti aktiiviset muotinirrotusaineet
- kasviöljypohjaiset muotinirrotusaineet
- muottivahat.

Pinnoittamattomalla vanerilla valettaessa on aina käytettävä muotinirrotusainetta. Filmipintaishella uudella vanerilla voidaan tavallisesti valaa 1—2 kertaa irrotusainetta käyttämättä.

Kasviöljypohjaisia muotinirrotusaineita käytettäessä tulee ottaa huomioon ympäristön lämpötila. Alhainen lämpötila saattaa aiheuttaa kasviöljypohjaisen muotinirrotusaineen levittymisongelmia.

Muotinirrotusaineet on levitettävä valmistajan ohjeen mukaan tasaisena, ohuena ja valumattomana kerroksena koko muottipinnalle. Muutoin seurauk-

sena saattaa olla betonipinnan epätasainen väri ja pienihuokoinen ruskehtavaksi värjäytyvä betonipinta.

Muotinirrotusaineiden käsittelyssä ja valinnassa pitää ottaa huomioon työ- ja ympäristöturvallisuus. Kasviöljypohjaisten muotinirrotusaineiden käyttäminen on ympäristöystävällisin vaihtoehto.

#### 4.1.6 Muottia vasten valetun betonipinnan laatuvaatimukset

Siltöjen pääty- ja välitukien sekä päällysrakenteen muottia vasten valettujen pintöjen yleiset laatuvaatimukset on esitetty SYL 3:n /4/ kohdissa 3.2.2.5, 3.2.3.4 ja 3.2.4.4 vaatimukset. Niissä viitataan *Betonipinnat-ohjeen* /9/ ko. taulukkoon siten, että siltöjen betonipintoja arvosteltaessa käytetään luokkaa 2. Ohjeesta poiketen huokosvaatimus koskee halkaisijaltaan 5 mm tai sitä suurempia huokosia. Betonipintojen väri vaihtelun laatuvaatimus on luokka on 2.

Laadultaan erilaisten betonien värierot otetaan suunnittelussa huomioon esimerkiksi erottamalla alueet uralla tai listalla. Tällainen kohta on esimerkiksi reunapalkin ja ulokkeen raja.

Jännitetyissä rakenneosissa ja reunapalkkien yläpinnoissa sallittu pintahalkeaman leveys on 0,1 mm. Päällysrakenteen muissa pinnoissa sallittu halkeaman leveys on 0,2 mm.

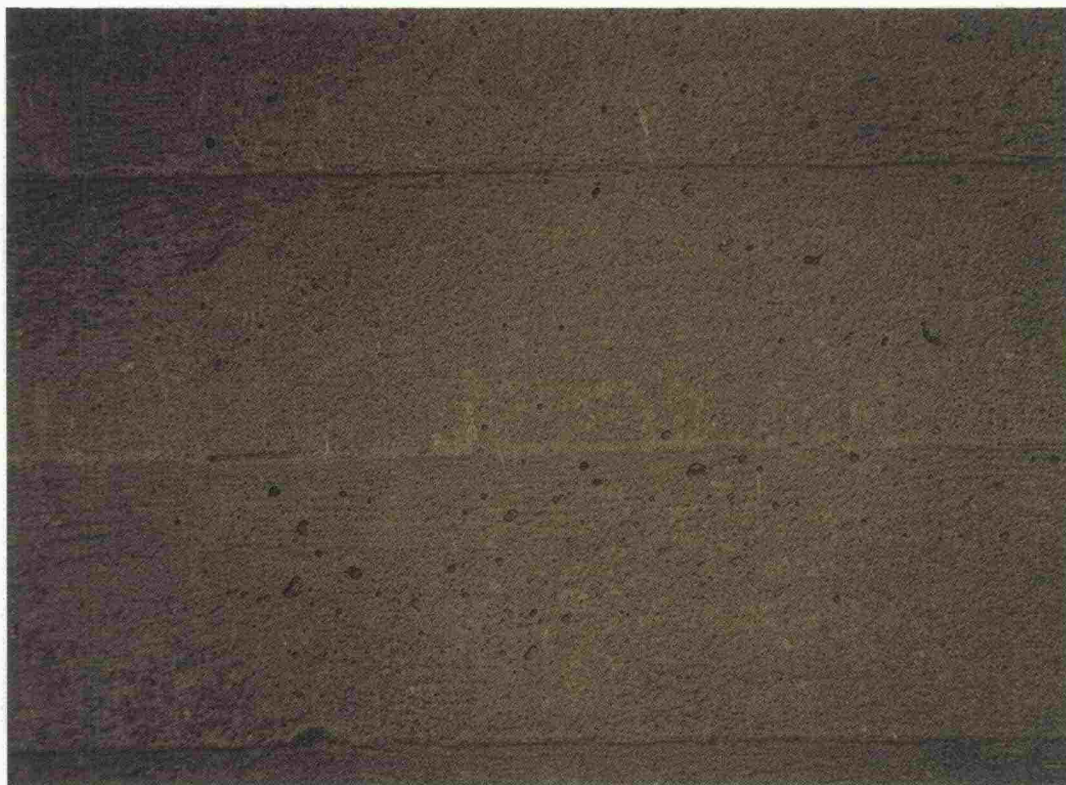
Pääty- ja välitukien rakenneosissa, jotka ovat vedenpinnan vaihtelualueella tai tieltä roiskuvan suolaveden ja -sumun vaikutusalueella, sallittu halkeaman leveys on 0,2 mm. Muissa pinnoissa sallittu halkeaman leveys on 0,3 mm.

Näkymättömiin jäävän pinnan yleinen vaatimusluokka on 3b.

Vaativampia luokkia ja erityisvaatimuksia käytetään tarpeen mukaan silta-kohtaisesti. Vaativimpien luokkien käytössä tulee ottaa huomioon betonimassan, muottimateriaalin ja muottiprofiilin asettamat vaatimukset. Muotitankaan käytön on todettu pienentävän sisäänpäin vinojen pintojen huokoisuutta.

Jos betonipintojen halkeilu ylittää sallitun, halkeamat imeytetään tai injektoidaan ja pinnat suojataan tarvittaessa halkeamat silloittavalla pinnoitteella.





Kuva 23. Tyypillinen luokan 2 mukainen betonipinta.

## 4.2 Ruiskubetoni

Ruiskubetonointi on laajojen pintojen korjausmenetelmä, mutta sitä voidaan käyttää myös uudisrakentamisessa. Pieniä kohteita voidaan ruiskuttaa ejektorilla. Ruiskubetonointi on perinteinen ja yleisesti käytössä oleva betonirakenteiden korjausmenetelmä, mutta siihen liittyy pääasiassa ulkonäköön vaikuttavia työteknillisiä ongelmia, kuten

- kuivaseosmenetelmässä pinnan värisävyn voimakas vaihtelu, mikä johtuu vesimäärän vaihtelusta
- ruiskutetun pinnan epätasaisuus, joka voidaan poistaa kaavaamalla
- ruiskubetonin voimakas karbonatisoituminen, jos vettä on käytetty liikaa.

Siltatöissä käytetään yleensä kuivaseosmenetelmää. Märkäseosmenetelmää käytetään esimerkiksi silloin, kun ruiskubetoni ruiskutetaan aallotetulle pellille ja ruiskubetonikerros on paksu. Tässä rakentamistavassa aallotettu pelti korvaa osan raudoitusta. Ulkonäköä voidaan tässä tapauksessa parantaa halutun värisellä pinnoitteella.

Ruiskubetonimassa voidaan valmistaa suhteittamalla SYL 3:n /4/ ja ruiskubetonia käsittelevän SILKO-yleisohjeen /26/ mukaan tai vakioruiskubetonista, jonka laatuvaatimukset on esitetty yleisohjeen /26/ taulukossa 2. Suhteitettava ruiskubetonimassa sekoitetaan mieluummin tehtaalla, mutta se voidaan valmistaa myös työmaalla. Sen laatuvaatimukset on esitetty yleisohjeen /26/ kohdassa 4.5. Ruiskubetonin pakkasenkestävyys osoitetaan pakkassuolakokeen avulla (SYL 3 /4/, liite 3, kohta 3.3).

Ruiskubetonille voidaan suunnitelmassa asettaa seuraavia lisävaatimuksia:

- tartuntalujuusvaatimus
- tiiviysvaatimus, joka on täsmennettävä laadunvarmistusmenetelmineen työselityksessä
- sallittu väri vaihtelu
- sallittu epätasaisuus, joka on yleensä 10 mm kahden metrin oikolaudalla mitattuna
- pinnan laadun ennakkokoe.

Joissakin toteutetuissa kohteissa on todettu, että tärinä on saattanut aiheuttaa lähinnä päällekkäisten ruiskubetonikerrosten irtoamista toisistaan.

Taulukossa 2 on esitetty ruiskubetonin laatuun vaikuttavia tekijöitä, jotka on otettava huomioon suunnittelussa ja ruiskutustyössä.



Kuva 24. Ruiskubetonipinta aaltoilee ja sen värisävy vaihtelee.



Taulukko 2. Ruiskubetonin laatutavoitteita ja menetelmiä niiden saavuttamiseksi.

LAATUTAVOITTEITA	MENETELMIÄ
Vaurioituneen betonin poisto niin, ettei synny halkeamia.	Suihkupuhdistus, jos poistosyvyys on alle 5 mm.  Vesipiikkaus (yli 800 bar), jos poistosyvyys on yli 5 mm. Vesipiikkauksen jälkeen suurpainepesu.
Betonialustan puhdistus irtonaisista aineksista ja epäpuhtauksista.	Suihkupuhdistus hiekka- tai vesihiekkapuhalluksella.
Esikastelu niin, että alusta on riittävän kostea, muttei liian märkä (kiiltävä).	Runsas kastelu vuorokausi ennen ruiskutusta.
Plastisen halkeilun estäminen.	Kuituruiskubetoni  Ruiskubetonikerroksen jyrkkiä paksuusvaihteluita on vältettävä.  Jälkihoito pintajännitystä pienentävällä jälkihoitoaineella välittömästi pinnan viimeistelyn jälkeen.
Kuivumisesta ja karbonatisoitumisesta johtuvien halkeamien estäminen.	Jälkihoito sumuttamalla vettä kahdesti päivässä viikon ajan tai jälkihoitoaineella (laatuvaatimukset SYL 3 /4/, kohta 3.4.4.6).
Hidas karbonatisoituminen.	Pieni vesi-sideainesuhde (alle 0,40).  Ei mineraalisia seosaineita. Avonaisten huokosten sulkeminen hienorakeisemmalla pintalaastiruiskutuksella.  Jälkihoito sumuttamalla vettä kahdesti päivässä viikon ajan.
Pinnan tummuusvaihtelun vähentäminen.	Mahdollisimman laajat, rajatut alueet pinnanajossa.  Vesimäärän vakiointi.



### 4.3 Väribetoni

Tavallisimmat väribetonin valmistuksessa käytetyt väripigmentit ovat punainen, ruskea ja musta. Vaalea väri saadaan aikaan valkosementillä. Vaalean pinnan aikaansaamiseksi valkosementin kanssa on käytettävä vaaleaa runkoainetta.

Väribetoni sopii lähinnä elementtien ja kuorielementtien valmistukseen, mutta myös paikallavalut puhdasvaluna ja eri tavoin käsiteltynä ja ruiskubetoni voidaan tehdä väribetonista. Väribetoneiden ongelmaksi on osoittautunut värivaihtelu. Sen syytä on selostettu tarkemmin *perusjulkaisun* /2/ kohdassa 4. Vaaleat pinnat likaantuvat helposti, ja lian ja kosteuden vaikutuksesta mahdolliset halkeamat näkyvät niissä selvästi. Vaaleita sävyjä pitää välttää erityisesti suurissa sileävalupinnoissa.

Kalkkihärme ja muut suolamuodostumat aiheuttavat tummille väribetonipinnoille näkyvää laikukkuutta. Härmeen muodostumista voidaan vähentää hyvällä jälkihoidolla, valmistamalla tiivistä betonia ja välttämällä pinnan liiallista hiertämistä.



Kuva 25. Väribetonipintoja.

Pigmentit eivät saa huonontaa betonin säilyvyysominaisuuksia. Reagoivia pigmenttejä käytettäessä pitää niiden vaikutukset betonin ominaisuuksiin selvittää erikseen. Suurempia määriä käytettäessä suojahuokostuksen onnistuminen on selvitettävä ennakkokokein. Pigmenttiä voidaan yleensä käyt-

tää turvallisesti 0—5 % sementin painosta.

Väribetonin osa-aineet sekoitetaan värin valmistajan ohjeiden mukaan. Yleensä paras tulos saavutetaan, kun väri sekoitetaan ensin tasaisesti kiviainekseen, minkä jälkeen lisätään sementti ja viimeisenä vesi ja mahdolliset lisäaineet. Tehdasvalmisteisilla väripastoilla saadaan helpommin tasainen väri.

Suunnittelussa on otettava lisäksi huomioon, että sadevedet saattavat aiheuttaa valumakuvioita sateelle alttiilla suurella pinnalla. Sadevesiä voidaan ohjata tippulistoilla tms. Myös kuparin ja messingin korroosiotuotteet näkyvät etenkin vaaleilla väribetonipinnoilla.

Väribetonin laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimet määräytyvät perusbetonin ja pintakäsittelymenetelmän mukaan. Betonipinnan värivaihtelu tarkastetaan aluksi silmämääräisesti ja mitataan tarvittaessa esimerkiksi *Betonipinnat-ohjeen* /9/ kohdassa 10 selostetulla menetelmällä. Samassa kohdassa on esitetty pintojen kokonaisvärieroihin perustuva pintojen luokittelu. Rakenneosakohtaiset vaatimukset on esitetty SYL 3:n /4/ kohdissa 3.2.2.5 ja 3.2.3.4.

Massiivisissa rakenteissa väribetonin käytöstä aiheutuu merkittäviä lisäkustannuksia, mutta elementeissä hintavaikutus on pieni.



## 4.4 Tuoreen betonipinnan käsittely

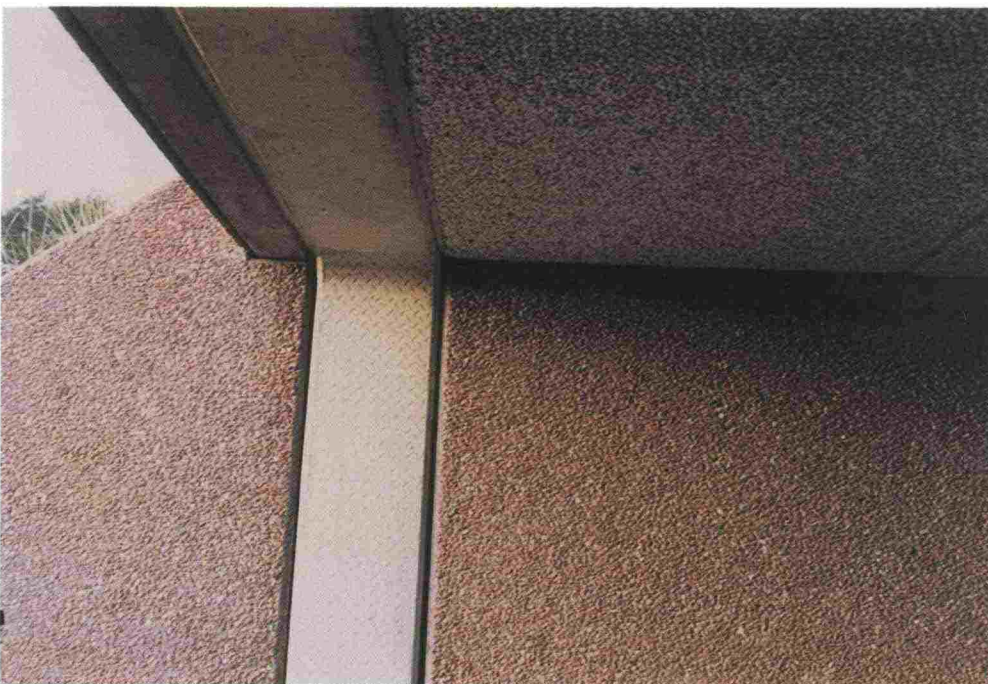
### 4.4.1 Pesubetoni

Betonipintojen peseminen on lähinnä elementtien pintakäsittelytapa. Pesubetonipintaisia elementtejä käytetään yleisesti alikulkukäytävien seinissä ja reunapalkeissa, jälkimmäisissä myös kuorielementteinä.

Kiviaineksen ja värillisen pastan pitää olla sopusoinnussa keskenään. Pesubetonin sävy määräytyy pääasiassa kiviaineksen värisävystä. Kiviaines pestään näkyviin hidastamalla pintabetonin sitoutumista, jolloin pinnan sementtiliima voidaan pestä pois haluttuun syvyyteen. Se, käytetäänkö pesua vai hienopesua, määräytyy runkoaineen mukaan. Kiviaineksen raekokona käytetään yleensä vähintään 8 mm. Pesubetonipinnat voidaan erottaa muista pinnoista valesaumalla tai syvyysrerolla.

Pesubetonipintojen korjaustöitä varten on kehitetty menetelmiä, joilla voidaan tehdä paikkauksia siltapaikoilla. Korjaus voidaan tehdä kiinnittämällä irronneita kiviainesrakeita vastaava kiviaines laastilla. Koko pinta, josta osa on korjattu, voidaan käsitellä erikoislaastilla, joka pestään osittain pois tuotekohtaisten ohjeiden mukaan.

Pesubetonipintojen luokittelu on esitetty *Betonipinnat-ohjeen* /9/ kohdassa 4.2. Suunnitelmassa esitetään tehtäväksi asetetut laatuvaatimukset täyttävä mallityö, jota käytetään työn aikana vertailupintana.



Kuva 26. Alikulkukäytävän pesubetonipinta.



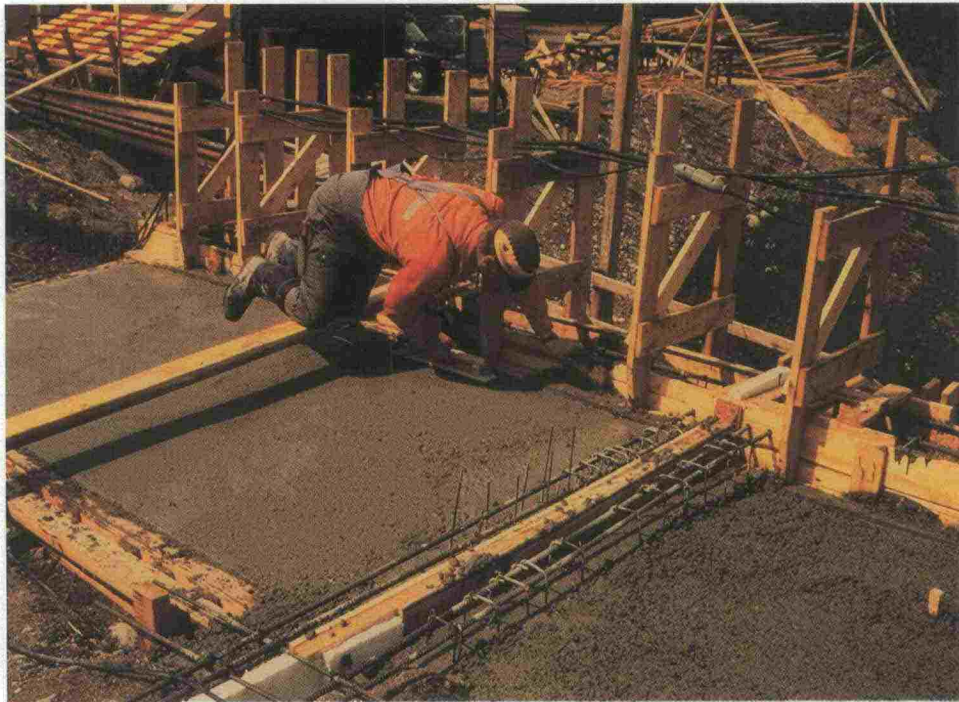
#### 4.4.2 Hierto

Hierrettyjä pintoja ovat

- sienihierretty
- teräshierretty
- puuhierretty.

Puuhiertoa käytetään yleensä mm. kansilaattojen ja reunapalkkien yläpinnoissa, mutta niissä on käytetty myös teräshiertoa. Puuhiertoa vastaava pinta voidaan tehdä myös muovilastalla. Hierrettävyyksia voidaan pidentää käyttämällä betonin kovettumisen varhaisvaiheeseen soveltuvaa jälkihoitoainetta.

Hierretyn betonipinnan luokittelu on esitetty SYL 3:ssa /4/ ja *Betonipinnat-ohjeen* /9/ kohdassa 4.1. Suunnitelmassa esitetään tehtäväksi asetetut laatuvaatimukset täyttävä mallityö, jota käytetään työn aikana vertailupintana.



Kuva 27. Puuhierretty pinta.

#### 4.4.3 Harjaus

Harjaamalla elävöitetään esim. alikulkukäytävien seinä- ja kattoelementtien pintoja ja vähennetään betonisten kulkuväylien liukkautta.

Säilyvyyden ja puhtaana pysymisen kannalta on edullisinta tehdä harjaus siltöjen seinäpinnoissa pystysuoraan. Käytettäessä harjausta liukkauden torjuntaan harjaus tehdään kulkusuuntaan nähden poikkisuuntaan. Harjausurien syvyys valitaan siltakohtaisesti, eikä se saa vaihdella häiritsevästi.

Harjatun betonipinnan luokittelu on esitetty *Betonipinnat-ohjeen* /9/ kohdassa 4.3. Suunnitelmassa esitetään tehtäväksi asetetut laatuvaatimukset täyttävä mallityö, jota käytetään työn aikana vertailupintana.



Kuva 28. Harjattu seinäelementti.



## 4.5 Kovettuneen betonipinnan käsittely

### 4.5.1 Suihkupuhdistus

Suihkupuhdistusmenetelmiä ovat

- hiekkapuhallus
- märkähiekkapuhallus
- sinkopuhdistus
- suurpainevesipuhallus.

Suihkupuhdistusta käytetään pääasiassa vedeneristys-, pinnoitus- ja impregnointityön esikäsittelyssä. Kunnossapidossa suihkupuhdistusta käytetään töherrysten poistoon. Suihkupuhdistus kuluttaa pintaa, joten sitä ei voi käyttää useita kertoja.

Suihkupuhdistetusta betonipinnasta tehdään työselityksessä määritetty malli, jonka perusteella sovitaan pinnan laatuvaatimukset. Vertailupinnat on esitetty *esikäsittelyn yleisohjeen* /15/ kohdassa 11. Laatuvaatimukset voidaan määrittää myös *Betonipinnat-ohjeen* /9/ kohdan 5.1 mukaan. Suihkupuhdistettu pinta voidaan jättää suojaamatta vain selvittämällä pinnan vaurioitumisherkyys.



Kuva 29. Normaalisti suihkupuhdistettu pinta.

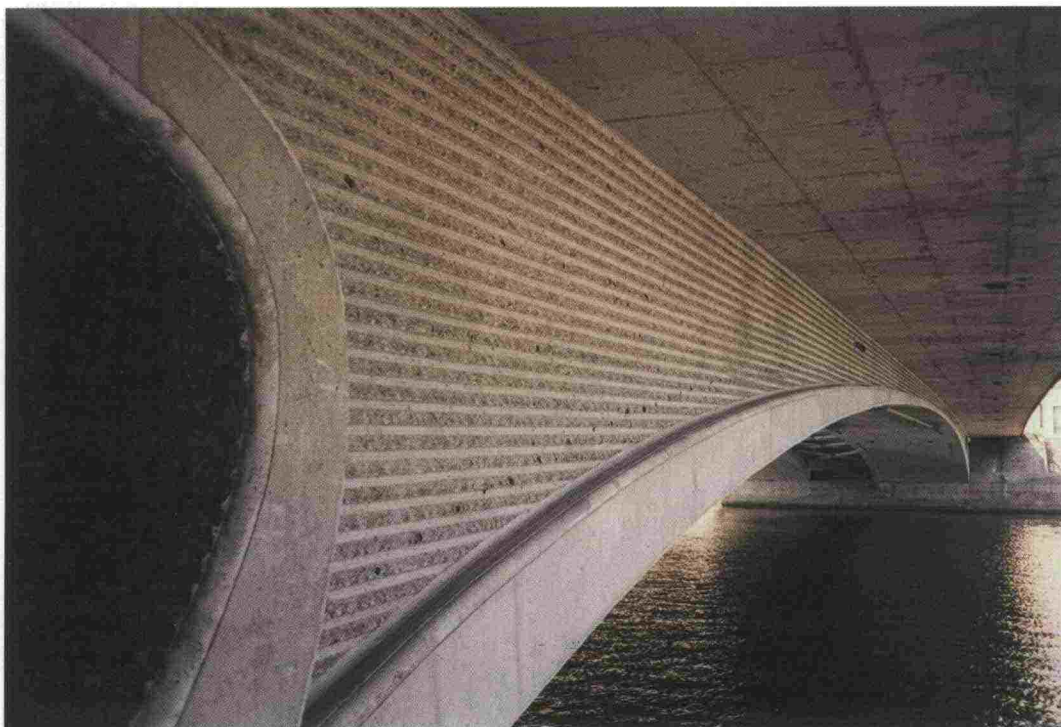


#### 4.5.2 Hakkaus

Hakkausta käytetään mm. elävöittäessä siltöjen alusrakenteita. Hakatut betonipinnat valmistetaan esimerkiksi meislaamalla suunniteltu kuvio tai murtamalla rimoituksella aikaansaadut harjanteet. Erilaisten pintojen yhdistely on mahdollista.

Harjanteiden murrettavuus on määritettävä kokeilemalla; harja ei saa olla leveä, eikä sivupinta kovin loiva. Murrettavien pintojen profiloointia varten on olemassa kumimattoja. Meislaus voi vaikuttaa raudoituksen betonipeitteen paksuuteen ja säilyvyyteen.

Hakatun pinnan ulkonäölle, värivaihtelulle, käyryydelle ja aaltoilulle asetaan laatuvaatimukset hankekohtaisesti. Värivaihtelun luokka voidaan valita kuten hiekkapuhalletuilla pinnoilla /9/.



Kuva 30. Meislaamalla elävöitetty pinta.

#### 4.6 Betonipinnan suojaaminen

Uusien siltöjen ulkonäköä voidaan parantaa pinnoittamalla. Tällöin on käytettävä aineita, jotka samalla suojaavat rakenteita esimerkiksi betonin karbonatisoitumista sekä veden ja kloridien tunkeutumista vastaan. Varsinkin taajama-alueilla on otettava lisäksi huomioon töherrysten poisto pinnoilta.

Kosteus on siltöjen ja muiden ulkobetonirakenteiden turmeltuessa aina läsnä. Kosteus mahdollistaa pakkasvauriot sekä edistää kloridien tunkeutumista ja ettringiitin muodostumista. Jos betoni on kosketuksessa veden kanssa, vesi imeytyy kapillaarivoimien vaikutuksesta betoniin, kunnes kapillaari-

huokoset ovat täynnä. Betonirakennetta höyrymuodossa ympäröivä kosteus tunkeutuu kapillaareihin ja kondensoituu nesteeksi kapillaarien seinämille. Veden ja kosteuden mukana betoniin kulkeutuu mm. klorideja. Kosteudesta on hyötyäkin: se ehkäisee karbonatisoitumista, koska hiilidioksidin tunkeutuminen vaikeutuu.

Kosteuden aiheuttamia haittoja voidaan vähentää tukkimalla kapillaarihuokoset pinnoittamalla tai tiivistämällä tai käsittelemällä kapillaarihuokosten seinämät vettähylykivällä impregnointiaineella. Tällöin on huolehdittava, ettei kosteutta pääse suotautumaan rakenteen taustasta pinnan alle.

Markkinoilla on erityyppisiä impregnointiaineita, tiivistysaineita ja pinnoitteita, jotka toimivat eri tavoin. Silloissa käytetään Tielaitoksen hyväksymiä tai tapauskohtaisesti alustavasti hyväksytyjä suoja-aineita. Hyväksytyt suoja-aineet esitetään Tielaitoksen ohjeissa, kuten *SILKO-ohjeissa* tai Tiehallinnon siltayksikön kirjeissä. Suoja-aineiden vertailutietoja on esitetty taulukossa 3 /27/.

Taulukko 3. Suoja-aineiden vertailutietoja /27/.

	Impregnointiaineet	Tiivistysaineet	Pinnoitteet
	eivät muodosta kalvoa	useimmat muodostavat epäjatkuvan kalvon	muodostavat kalvon
Kerrospaksuus	-	tyypillinen kalvo 0—100 µm	ohuet pinnoitteet 0,08—1,0 mm paksut pinnoitteet 1,0—5,0 mm
Vedenimu	vähentää	vähentää	vähentää
Vesihöyrynläpäisevyys	ei vaikutusta	vähentää	vähentää
Hiilidioksidinläpäisevyys	mahdollisesti lisää	vähentää	vähentää voimakkaasti
Pakkasen- ja pakkas-suolakestävyys	parantaa	parantaa	parantaa voimakkaasti <sup>1)</sup>
Vedessä olevien vahingollisten aineiden tunkeutuminen	vähentää mahdollisesti	vähentää mahdollisesti	vähentää
Vaikutus ulkonäköön	ei	mahdollinen	vaikuttaa
Betonin kosteus	kuiva	kuiva	kuiva tai korkeintaan kostea
Halkeamien silloitus	ei	ei	riippuu järjestelmästä

<sup>1)</sup> Vähentää, jos sisäpuolelta suotautuu kosteutta eikä pinnoitteen vesihöyrynläpäisevyys ole riittävä.



Suoja-aine ei saa huonontaa teräsbetonirakenteen säilyvyyttä ja sen on suojattava rakennetta suunnitellulla tavalla. Suoja-aineella on esimerkiksi oltava riittävä vesihöyrynläpäisevyys, jotta kosteus ei tiivisty suojaa-aineen taakse. Saksalaisen *DAfStb:n* mukaan betonin suojaa-aineet luokitellaan taulukossa 4 esitetyllä tavalla /28/. Tunnus SP tulee sanoista Surface Protection System (pinnansuojausmenetelmä). Taulukosta on jätetty pois menetelmät, joita ei käytetä siltöjen betonipintoja suojattaessa eli SP 6, SP 8 ja SP 11 sekä menetelmät SP 3, SP 7, SP 10 ja SP 12, joita käytetään joko kulutuskerroksena (SP 3 ja SP 12), kosteussulkuna vedeneristyksen alla (SP 7) tai pienissä liikuntasauoissa muiden pintakerrosten alla (SP 10).

Taulukko 4. Betonipinnan suojausmenetelmät /28/.

Menetelmä	Suojausmenetelmän vähimmäispaksuus	Pääasialliset sideaineryhmät
SP 1 Impregnointi vettähyllkivän pinnan aikaansaamiseksi	-	silaani, siloksaani, silikoniharts
SP 2 Pinnan tiivistyskäsittely muille kuin ajoneuvojen rasittamille pinnoille	50 µm	akryyli (AY)
SP 4 Pinnoite muille kuin ajoneuvojen rasittamille pinnoille	80 µm	akryyli (AY), polyuretaani-akryyli (PUR-AY)
SP 5 Pinnoite muille kuin ajoneuvojen rasittamille pinnoille, kun vaaditaan ainakin vähäistä halkeamien silloituskykyä	a) 300 µm	akryyli propionaattidispersio
	b) 2 mm	polymeerisementtipinnoite
SP 9 Pinnoite muille kuin ajoneuvojen rasittamille pinnoille, kun vaaditaan ainakin kohtalaista halkeamien silloituskykyä	1 mm	polyuretaani (PUR)

#### 4.6.1 Impregnointi

Vettähyllkivät impregnointiaineet rajoittavat tai estävät vettä ja sen mukana kulkeutuvia suoloja, kuten klorideja, tunkeutumasta betoniin. Tämä saadaan aikaan peittämällä huokosten seinämät hyvin ohuella vettähyllkivällä kerroksella. Näin huokokset eivät täyty ja rakenteesta suotautuvan vesihöyryn läpäisevyyttä ei rajoiteta merkittävästi. Vettähyllkivät, betonin impregnointiin käytettävät silaanit ovat yksimolekyyllisiä piivetyjä, joiden vetyatomeja on korvattu vettähyllkivällä osalla (alkyyli-ryhmä) ja betonin huokosseinämiin kiinnittyvällä osalla (alkoksiryhmä). Silaanimolekyyli reagoivat betonin huok-

kosissa olevan veden kanssa ja liittyvät yhteen muodostaen siloksaania ja yhteenliittymisen jatkuessa silikonihartsia. Lopputuote kaikkia edellä mainittuja aineita käytettäessä on silikonihartsi, joka peittää betonin kapillaarihuokosten seinämät.

Impregnointiaineen tunkeutumisvyvyys riippuu mm. aineen molekyylikoosta sekä betonin tiiviyydestä ja kuivuudesta. Aineet tunkeutuvat harvoin 100 µm syvemmälle hyvälaatuisen betoniin, jonka pintahuokokset on avattu suihkupuhdistamalla. Tässä syvyydessä auringonsäteily pääsee hajottamaan silikonihartseja, joten ne säilyttävät vedenhylkivyytensä harvoin yli kymmentä vuotta kauempaa. Hyvin tunkeutuvan impregnointiaineen molekyylikoko on yleensä huomattavasti pienempi kuin esimerkiksi akryylin ja epoksin, jotka voivat tunkeutua betonin huokosiin vain osittain ja muodostavat pinnalle kalvon. Akryyliä voidaan käyttää esim. silaanin suojana auringon vaikutusta vastaan.

Silikonihartsi (siloksaani, silaani) ei muuta betonipinnan ulkonäköä, mutta kastumiselle altis pinta saattaa erottua ympäröivästä pinnasta vaaleampana. Epoksi ja akryyli tummentavat pintaa ja lisäävät pinnan kiiltoa.

Kun betonipinta tehdään vettähylyväksi, hiilidioksidin pääsy rakenteeseen helpottuu. Tämä johtuu siitä, että huokokset eivät ole vesitäytteisiä. Tällöin betonin karbonatisoituminen nopeutuu useimmilla impregnointiaineilla. Jos betonin pintaan tulee halkeamia impregnoinnin jälkeen, ne rikkovat vettähylykivän kerroksen.

Impregnointiaineiden laatuvaatimukset käyttötarkoituksen mukaan on esitetty *betonin suoja-aineiden yleisohjeen* /27/ taulukossa 7. Testausmenetelmät on esitetty VTT:n julkaisussa *Betonin suoja-aineiden hyväksymiskokeet* /29/. Suolarasitettujen pintojen, kuten reunapalkkien, impregnoinnin ajankohta on otettava huomioon urakka-asiakirjoissa.

Useimmat impregnointiaineet eivät kestä betonin alkalisuutta, joten ne voidaan levittää suihkupuhdistetulle pinnalle aikaisintaan kuuden kuukauden kuluttua betonoinnista. Impregnointiaineilla suojataan reunapalkit, maa- ja välituet sekä muut siltojen pinnat, jotka joutuvat suolarasituksen alaisiksi. Jos reunapalkin sivu- ja alapinnat on valettu muottikangasta vasten, pintoja ei impregnoida. Reunapalkin yläpinta on tällöinkin suihkupuhdistettava ja impregnoitava.

Impregnointi joudutaan uusimaan noin viiden vuoden välein.





Kuva 31. Vesi helmeilee impregnoidulla klinkkeripinnalla.

#### 4.6.2 Tiivistys

Tiivistysaineet ovat ohuen kalvon muodostavia tai betonin kanssa reagoivia. Pääosa tiivistysaineista on ohuen 10—100 µm:n kalvon muodostavia, osittain huokosia täyttäviä impregnointiaineita. Muita ovat akryylit, epoksit, polyuretaanit ja pellavaöljy (vernissa). Silikaatit ja fluorosilikaatit tunkeutuvat 5—100 µm:n syvyyteen kuivaan betoniin ja reagoivat betonissa olevien kalsiumyhdisteiden kanssa muodostaen lujia, liukenemattomia yhdisteitä, jotka saostuvat betonin huokosiin ja siten lisäävät betonipinnan tiiviyyttä. Tämä hidastaa veden ja kloridien tunkeutumista betoniin. Koska toiminta betonissa perustuu reaktioon sideaineen hydrataatiotuotteiden kanssa, tiivistysaineiden levittämisaikankohta on määritettävä tuotekohtaisesti. Aineet eivät yleensä estä betonin karbonatisoitumista tai aiheuta uudelleenalkaloitumista, mutta ne parantavat rajallisesti pinnan kulutuksenkestävyyttä.

Tiivistysaineet tummentavat yleensä betonipintaa ja lisäävät pinnan kiiltoa.



Tiivistysaineiden laatuvaatimukset on esitetty *betonin suoja-aineiden yleisohjeen /27/* taulukossa 8. Testausmenetelmät on esitetty VTT:n julkaisussa *Betonin suoja-aineiden hyväksymiskokeet /29/*.



Kuva 32. Tiivistysaineilla voidaan suojata mm. pesubetonipintoja.

#### 4.6.3 Pinnoitus

Pinnoittamalla voidaan parantaa betonirakenteiden ulkonäköä. Samalla on kuitenkin otettava huomioon pinnan puhdistettavuus, koska ehostettujen pintojen töhertely on mittava ongelma varsinkin kaupunkiseuduilla. Vaikka pinnoituksen lähtökohta olisi ulkonäön parantaminen, ulkobetonirakenteissa on otettava huomioon myös pinnoitteen vaikutus rakenteen säilyvyyteen. Oikein valitulla pinnoitteella voidaan estää karbonatisoitumista sekä sade-, roiske- ja kondenssivesien imeytymistä betoniin ja näin hidastaa raudoituksen korroosiota, betonin pakkasrapautumista ja muuta vaurioitumista. Väärin valitulla pinnoitteella voidaan estää kosteuden haihtuminen betonista ja siten edistää betonin pakkasrapautumista.

Pinnoitetyyppien ominaisuuksia (ks. myös kuva 3):

- Silloissa on yleisimmin käytetty auriongon säteilyrasituksen kestäviä akryylihartseja, jotka estävät myös hiilidioksidin tunkeutumista betoniin.
- Epoksinnoitteita on käytetty erityisesti aggressiivisia teollisuuden kemiallisia päästöjä vastaan ja kulutusta kestävinä pinnoitteina. Yleensä epoksinnoite liituu voimakkaalle auringonsäteilylle altistuvilla ulkopinnoilla. Epoksinnoitteet ovat kaksikomponenttisia: komponentteina ovat epoksihartsi ja kovete. Vesiohenteiset epoksit ovat jonkin verran hengittäviä. Epoksit eivät yleensä silloita halkeamia.



- Polyuretaanipinnoitteet ovat kaksikomponenttisia alkoholi-isosyanaattiyhdistelmiä, joilla on yleensä hyvä kulutuksenkestävyys ja joustavuus. Lisäksi ne voivat estää hiilidioksidin, veden, vesihöyryn ja kemikaalien tunkeutumista betonialustaan ja kestävät auringonsäteilyä. Polyuretaanipinnoitteet tarttuvat huonosti kosteaan betonipintaan, ellei käytetä erityistä kosteutta sietävää tartunta-ainetta. Tartunta-aineena käytetään usein epoksia, jolloin yhdistelmää kutsutaan epoksipolyuretaanipinnoitteeksi. Polyuretaanipinnoitteiden polyisosyanaatit ovat voimakkaita myrkkyjä, joten niitä ei saa levittää ilman henkilönsuojaimia.
- Polymeeri-sementtipinnoitteet ja polymeerimodifioidut sementtipinnoitteet levitetään vedellä kastellulle, mutta pintakuivalle betonipinnalle. Osa pinnoitteista silloittaa halkeamia.
- Vesiohenteisia polymeeripinnoitteita kutsutaan myös emulsioiksi tai latekseiksi. Ne ovat tavallisesti maitomaisia ja sisältävät veteen hajautettuja (dispergoituja) hienoja polymeeripartikkeleita, jotka muodostavat pysyvän emulsion. Kun pinnoite on levitetty, vesi haihtuu ja polymeeripartikkelit liittyvät yhteen muodostaen yhtenäisen kalvon. Ulkobetonipinnoilla käytettävä peruspolymeeri on tavallisesti vinyylisetaattikopolymeeri yhdessä joko etyleenin tai vinyylin, akryyliin tai modifioitujen akryyliin kanssa.
- Pinnoiteyhdistelmässä on pinnoitteen alla sementtipohjainen tasoite. Pinnoiteyhdistelmää voidaan käyttää, jos pinnoitusalue on epätasainen tai huokoinen ja rakenteen suojausvaatimukset tai pinnoitteelta vaadittava hyvä puhdistettavuus edellyttävät tasoitekerroksen tekoa.



Kuva 33. Pinnoittamisella voidaan vaikuttaa merkittävästi sillan ulkonäköön.

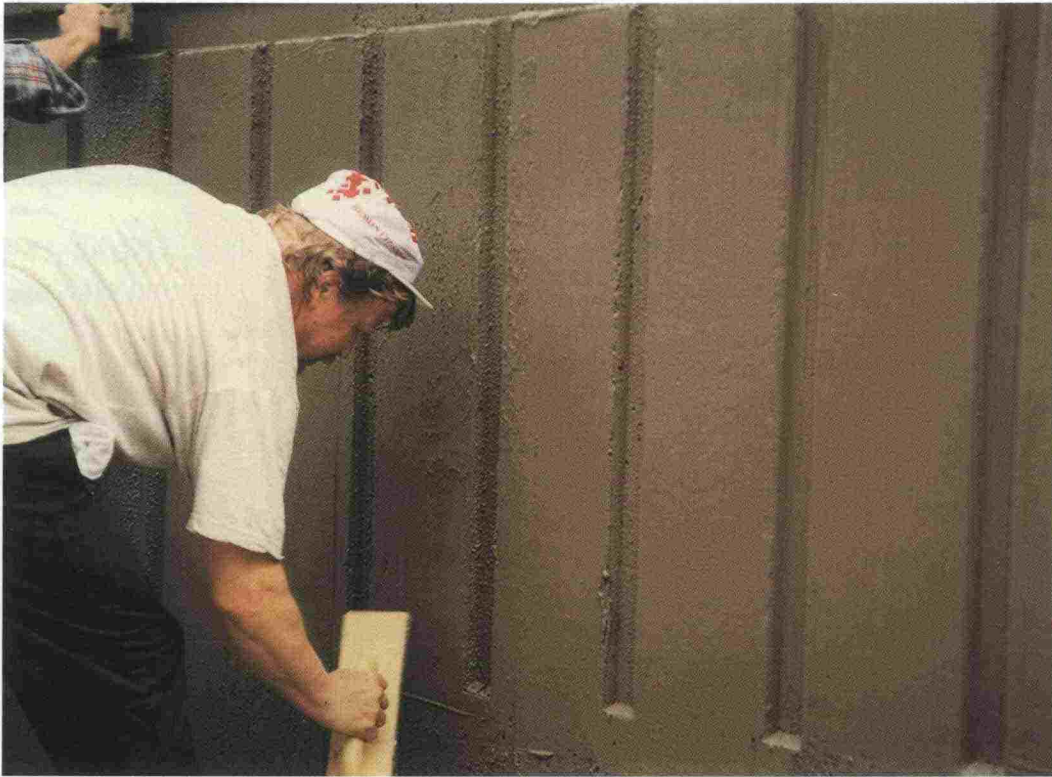
Pinnoitteiden ominaisuudet vaihtelevat huomattavasti pinnoitteiden ja pinnoitetyyppien välillä. Pinnoitevalintaa varten on selvitettävä toiminnalliset vaatimukset, jotka johtuvat

- alustasta (pinnan laatu ja muoto, kosteus, halkeilu jne.) ja
- ulkoisista rasituksista (sääolot, aurinko, töhertely, kulutus jne.).

Vaihtoehtoja vertailtaessa on kiinnitettävä huomiota lisäksi seuraaviin seikkoihin:

- Jos sillan ulkonäköä ehostetaan pinnoittamalla, värivalikoimalla saattaa olla ratkaiseva merkitys. Polymeeripinnoitteiden värivalikoima on laaja, kun taas sementtipohjaisia pinnoitteita on yleensä saatavana vain muutamaa väriä. Lisäksi on muistettava, että ehostusta ei saa tehdä säilyvyyden kustannuksella.
- Jotta pinnoite säilyttäisi suojavaikutuksensa, sen on säilyttävä rikkoutumattomana. Jos pinnoitus joutuu alttiiksi iskuille ja naarmutukselle, se on suojattava teräs- tai betonivarusteilla. Pinnoitteen on säilyttävä rikkoutumattomana myös liikkuvan halkeaman kohdalla. Tätä ominaisuutta kuvaa halkeamansilloituskyky. Pinnoitteen silloittavuuteen vaikuttavat halkeaman leveys ja liikkeet, pinnoitteen elastiset ominaisuudet sekä pinnoitteen paksuus ja tartunta.
- Betoni karbonatisoituu ilmassa olevan hiilidioksidin tunkeutuessa betoniin ja sen reagoiessa betonin alkaliyhdisteiden kanssa. Karbonatisoitumista voidaan hidastaa tiiviillä pinnoitteilla, mutta liiasta tiiviydestä on myös haittaa.
- Useat siltojen rakenteet joutuvat suolarasituksen alaiseksi. Tehokkaimmin suolojen tunkeutumista estävät tiiviit pinnoitteet, mutta liiasta tiiviydestä on myös haittaa.
- Liian tiiviin pinnoitteen taakse saattaa kerääntyä kosteutta, joka aiheuttaa betonin pakkasrapautumista ja pinnoitteen irtoamista.
- Pinnoite voi ohentua ja värisävy himmentyä ajan myötä auringon ultraviolettisäteilyn aiheuttaman liituuntumisen seurauksena.
- Pitkä kestoikä on yleensä merkittävä etu. Käytön aikana kustannuksia syntyy huoltokäsittelyistä, puhdistamisesta ja uusimisesta.
- Jos muottikangasta vasten valettu pinta pinnoitetaan, suihkupuhdistuksen aste määritetään koepinnoituksesta tehtävillä vetokokeilla.
- Useissa tapauksissa impregnointi tai tiivistäminen on pinnoitetta parempi vaihtoehto.





*Kuva 34. Polymeeripinnoitetta käytettäessä alusta yleensä tasoitetaan.*

Pinnoitteiden laatuvaatimukset käyttötarkoituksen mukaan on esitetty *suoja-aineiden yleisohjeen /27/ taulukossa 9*. Testausmenetelmät on esitetty VTT:n julkaisussa *Betonin suoja-aineiden hyväksymiskokeet /29/*.

## 4.7 Betonipinnan verhoaminen

### 4.7.1 Klinkkeri

Klinkkerilaatoitusta on käytetty siltojen alusrakenteiden verhouksina pääasiassa kaupunkiympäristössä sijaitsevilla kohteilla. Laatoituksella saadaan ilmeikkäitä ja viimeistelyjä pintoja. Laattojen värien valinta ja kuvioinnin suunnittelu edellyttää useimmiten arkkitehtisuunnittelua. Klinkkerilaatoitus soveltuu hyvin kohteisiin, joissa pintojen puhtaanapito tai töhertely on ongelma.



Kuva 35. Klinkkeriverhouksella saadaan aikaan viimeistely lopputulos.

Sillanrakentamisen yleisissä laatuvaatimuksissa ei ole käsitelty klinkkerilaattaverhouksia, mutta laatoitusta koskevia laatuvaatimuksia on esitetty seuraavissa julkaisuissa, ohjeissa ja standardeissa:

- RYL 2000 /8/
- RYL 90 /30/, kohta 39.1
- by 40, betonipinnat /9/, kohta 7.2
- RT 34-10340 Keraamiset laatat
- RT 34-10341 Keraamiset laatat, laatoitustyö
- SFS-EN 176 Kuivapuristetut laatat
- SFS-EN 121 Märkäpuristetut laatat
- VTT-test 367-88

Klinkkerilaatat voidaan jakaa valmistusmenetelmän mukaan märkä- ja kuivapuristettuihin sekä lasitettuihin ja lasittamattomiin laattoihin. Märkäpuristettujen laattojen sallitut mittatoleranssit ovat suuremmat kuin kuivapuristetuilla (by 40) /9/. Laattojen ominaisuuksia on käsitelty taulukoissa 5 ja 6.



Taulukko 5. Lasitetut ja lasittamattomat klinkkerilaatat.

KLINKKERILAATAT	
LASITTAMATON	LASITETTU
<ul style="list-style-type: none"><li>- tehdään läpivärjätystä savimassasta</li><li>- rajoitettu värivalikoima</li><li>- soveltuu sekä vaaka- että pystypinnoille</li><li>- vaatii useimmiten erillisen töherryksen suojan</li><li>- hyvä kulutuskestävyys</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- laatan värisävy aikaansaadaan lasituksen yhteydessä</li><li>- laaja värivalikoima</li><li>- hyvä puhdistettavuus (ei vaadi erillistä töherryksen suojaa)</li><li>- ei sovellu ulkona vaakapinnoille (liukas)</li></ul>

Taulukko 6. Märkä- ja kuivapuristetut laatat.

KLINKKERILAATAT	
MÄRKÄPURISTETTU (SFS-EN 121)	KUIVAPURISTETTU (SFS-EN 176)
<ul style="list-style-type: none"><li>- Laatat valmistetaan plastisesta savimassasta, jonka jälkeen laatat kuivataan ja poltetaan.</li><li>- Laattojen mittatarkkuus vaihtelee eri polttoerien välillä.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Laatat valmistetaan puristamalla korkeassa paineessa jauhemaista savimassasta, jonka jälkeen laatat kuivataan ja poltetaan.</li><li>- Laattojen mittatarkkuus on suhteellisen hyvä.</li></ul>



Kuva 36. Käyttämällä sekä lasitettuja että lasittamattomia laattoja saadaan vaihtelevia pintoja.

Laattojen valinnassa on otettava huomioon seuraavaa:

- Käytettävien laattojen on oltava ulkokäyttöön tarkoitettuja, eli niiden on oltava pakkasenkestäviä. Standardien mukaan tämä tarkoittaa sitä, että laattojen vedenimukyvyyn on oltava  $< 3 \%$ . Koska kaakelilaattojen vedenimukyky on yleensä  $15 \%$ , kaakelilaattoja ei voida käyttää ulkotiloissa niiden huonon pakkasenkestävyyden takia.
- Laattojen valinnassa on otettava huomioon töherryksen puhdistettavuus. Laatat pyritään yleensä valitsemaan siten, että erillistä töherryksenestoainetta ei jouduta käyttämään.
- Pieni vedenimukyky ( $< 1 \%$ ) parantaa lasittamattomien laattojen puhdistettavuutta töherryksistä. Myös laatan kovuus vaikuttaa töherryksen poistettavuuteen.
- Mosaiikkilaattoina saadaan käyttää tartunnan varmistamiseksi ainoastaan laattoja, jotka on julkisivupinnastaan kiinnitetty paperiin.
- Laatat voidaan jakaa lasituksen mukaan kiiltävä-, himmeä- ja karhealasitteisiin. Lasitus voi olla värillinen tai väritön.
- Laatoituksissa voidaan käyttää ulkonäkösyistä keraamisia laattoja yhdessä kivilaattojen kanssa.
- Laattojen pintaominaisuudet on määritetty standardeissa ISO-EN 10545-5...7.

Klinkkerilaattojen kiinnitys voidaan tehdä jälkikiinnityksenä työmaalla tai elementtitekniikkaa käytettäessä latomalla laatat muottiin. Elementtejä käytettäessä voidaan työskentelyolosuhteet hallita paremmin kuin jälkikiinnityksessä, mutta pelkästään ulkonäkösyistä tehtävissä laatoituksissa kuorielementtien käyttö ei ole yleensä kustannusten takia perusteltua. Jälkilaatoitettavien elementtien iän suositellaan olevan vähintään kolme kuukautta, jotta betonin kutistuma ei heikennä laattojen tartuntaa.

Jälkikiinnityksessä käytetään yleensä tarvikekohtaisia, laatan valmistajan hyväksymiä sementtipohjaisia kiinnityslaasteja.

Laatat kiinnitetään seuraavasti:

1. Laatoitusalue suihkupuhdistetaan *esikäsittelymenetelmiä käsittelevän SILKO-yleisohjeen /15/* kuvan 45 mukaiseen normaaliin puhdistusasteeseen, minkä jälkeen pinta pestään.
2. Laatat kiinnitetään alustaan sementtipohjaisella kiinnityslaastilla. Suositeltavinta on tehdä kiinnitys ns. kaksoislaastikiinnityksenä, jossa kiinnityslaasti levitetään sekä alustaan että laattaan. Tällä varmistetaan laatan mahdollisimman täydellinen tartunta.
3. Laatta painetaan alustaan kiinni ja naputellaan tartunnan parantamiseksi.

Elementtikiinnityksessä otetaan huomioon seuraavaa:

- Elementteihin tehdään klinkkerilaattapinnan läpi menevät liikuntasaumamat, joiden väli saa olla korkeintaan kolme metriä.
- Kuorielementtejä käytettäessä jätetään elementin taakse 20—30 mm:n tuuletusväli (kuva 37).
- Elementit suunnitellaan siten, ettei rakenteeseen tule vettä pidättäviä



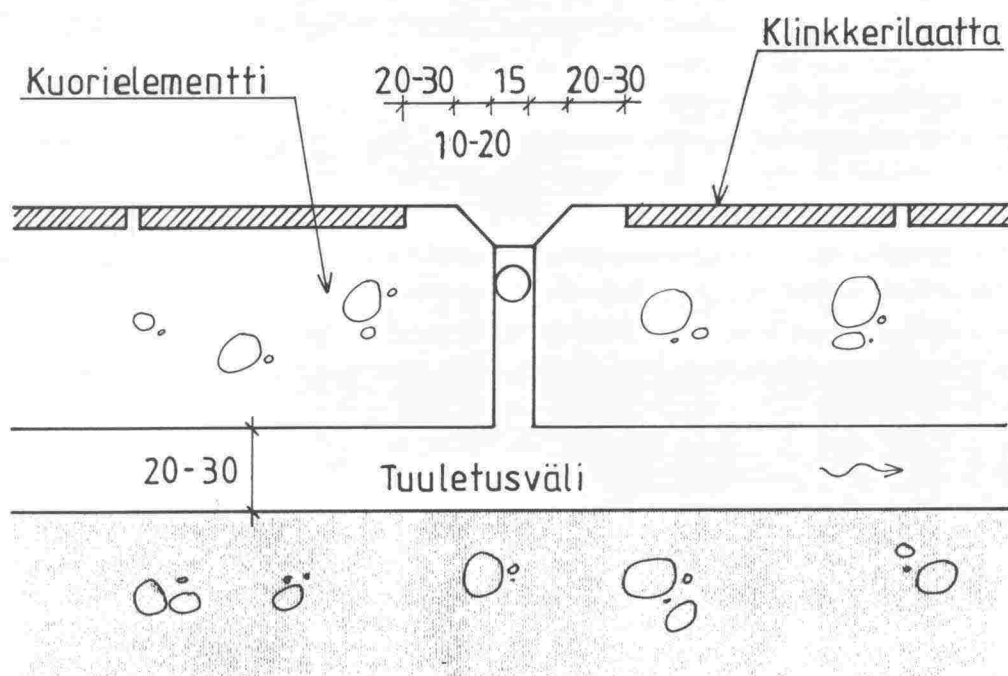
kohtia, joista vesi pääsee imeytymään laattojen taakse.

- Laattojen saumaukset suositellaan tehtäväksi runkobetonilla. Laattojen saumausta erillisellä saumauslaastilla ei suositella, koska saumauslaastin ja runkobetonin välinen tartunta saattaa jäädä heikoksi. Haluttaessa valkoiset saumat käytetään valkobetonia.
- Laattojen etäisyys elementin reunaviisteestä on 20—30 mm (kuva 37), jotta vältetään laattojen rikkoutuminen elementtien liikuttelun takia. Laatoitus voidaan kuitenkin tehdä elementin reunaan asti, mikäli laattojen suojaus tehdään siten, että laatoitus ei vaurioidu kuljetuksen ja asennuksen aikana.

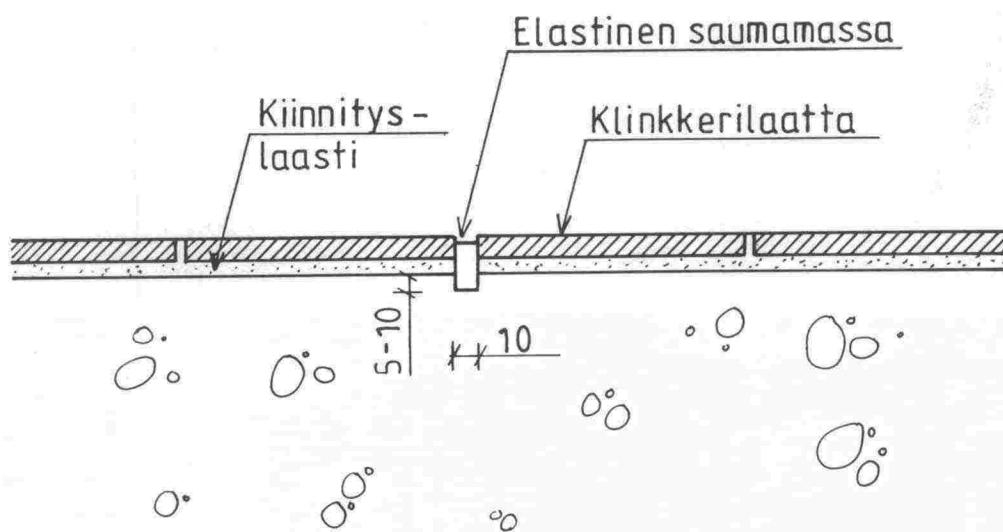
Jälkikiinnitettyjen laattojen saumaus tehdään normaalisti sementtipohjaisella saumauslaastilla. Erityistapauksissa saumaus voidaan tehdä epoksimassalla esimerkiksi kovan kulutuksen tai kloridirasituksen takia. Epoksimassat ovat kaksikomponenttisia ja niillä saumaaminen on työläämpää kuin sementtipohjaisilla laasteilla. Epoksimassat ovat noin kymmenen kertaa kalliimpia kuin sementtipohjaiset laastit. Saumasaineen valinnassa on myös otettava huomioon, että epoksisaua ei läpäise vesihöyryä.

Saumojen suunnittelussa on otettava huomioon seuraavaa:

- Laatoitukseen tehdään elastiset saumat rakenteen liikuntasaumojen kohdille ja sen lisäksi sekä vaaka- että pystysuunnassa kolmen metrin välein (kuva 38). Elastiset saumat tehdään, koska betonialustan ja klinkkerilaatan lämpölaajenemiskertoimet poikkeavat huomattavasti toisistaan.
- Laattojen välisen sauman osuus pinta-alasta on vähintään 15 %. Saumaleveyden ei tarvitse olla kuitenkaan yli 10 mm. Saumojen vähimmäisleveys on yleensä 5 mm.
- Pintaa voidaan elävöittää käyttämällä vaaka- ja pystysaumoissa eri levyisiä saumoja. Erilaisilla saumaleveyksillä voidaan saada aikaan myös rasterimaisia pintoja.
- Lasittamattomien ja karkealasitteisten vaaleiden laattojen saumaamiseen ei suositella värillisiä saumalaasteja, jotka selvästi poikkeavat laatan väristä.
- Töhherrysten poistossa saattavat laastisaumat olla vaikeasti puhdistettavia.



Kuva 37. Elementtien välinen sauma.



Kuva 38. Laatoituksen elastinen sauma.



Laatoituksen laadunvarmistuksen osalta on tärkeintä laattojen riittävä tartunta. Tartunnan mittaamistapa on aina esitettävä suunnitelmissa. Jälkilaatoituksessa laattojen tartunta tarkistetaan työn aikana irrottamalla laattoja silta-kohtaisissa laatuvaatimuksissa esitetystä laajuudesta. Kiinnityslaastin on peitettävä vähintään 95 % laatan alasta. Sementtipohjaisten kiinnityslaastien tulee olla ulkokäyttöön tarkoitettuja, ja niiden lujuuden tulee olla materiaali-toimittajan hyväksyntäkokeissa vähintään  $1 \text{ N/mm}^2$ . Laatoitetusta siltapinnasta mitattuna tartuntalujuuden tulee olla sementtipohjaisia kiinnityslaasteja käytettäessä vähintään  $0,5 \text{ N/mm}^2$ .

Elementtikiinnitysten yhteydessä tartunta varmistetaan laajemmissa kohteissa ennakkokokein. Elementtitehtaan valmistamien ennakkokoe-elementtien tartunta määritetään 3 ja 7 vuorokauden iässä testimenetelmän VTT-test 368-88 mukaisesti. Näin määritetyn tartuntalujuuden tulee olla vähintään  $0,8 \text{ N/mm}^2$ .



Kuva 39. Klinkkerilaattaverhous.

#### 4.7.2 Luonnonkivi

Luonnonkivi on perinteikäs siltojen rakennusaine. Vanhat graniittiset holvisillat ovat osa kansallista rakennuskulttuuriamme. Nykyisin luonnonkiveä käytetään mm. siltojen alusrakenteiden verhousmateriaalina ja rautatiesiltojen reunapalkeissa. Graniittiverhous on osoittautunut kestäväksi ratkaisuksi myös vesistösiltojen maa- ja välituissa. Luonnonkiven käytön tärkeimmät perusteet siltarakenteissa ovat kiven erinomainen kestävyys ja korkealaatuinen ulkonäkö.



Kuva 40. Kiviverhoilu on kestävä ja perinteinen rakenne sillassa.

Siltojen kiviverhouksille ja luonnonkivitarvikkeille on esitetty laatuvaatimuksia seuraavissa standardeissa, ohjeissa ja julkaisuissa:

- RYL 2000 /8/
- SYL 3, Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset /4/, kohta 3.2.5
- SILKO-ohje 1.501, Luonnonkivi verhousmateriaalina /31/
- by 40, Betonipinnat /9/, kohta 7.3
- SKTY14, Betoni- ja luonnonkivituotteet päällysterakenteena /11/
- RT 824.21, Luonnonkivimuurit ja -verhoukset
- RT 30-10314, Luonnonkivet, suomalaiset rakennuskivet
- Pekka Mesimäki, Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohje. Kiviteollisuusliitto 1994 /32/.

Siltaverhouksissa on perinteisesti käytetty paikallisia kotimaisia kivilajeja. Yleisin ja hyväksi osoittautunut materiaali on kotimainen graniitti. Ulkonäkö- ja saatavuussyistä on yksittäisissä kohteissa käytetty myös muita kotimaisia kivilajeja, kuten liuskeita ja vuolukiveä. Kivilajin valinta perustuu tavallisesti



kiven ulkonäköön. Muita valinnassa huomioon otettavia kiven ominaisuuksia ovat mm. fysikaaliset ominaisuudet, kestävyys ja kiven saatavuus. Arvokasta tietoa kiven käyttöominaisuuksista saa aiemmista käyttökohteista.



Kuva 41. Kivellä verhoiltu reunapalkki.

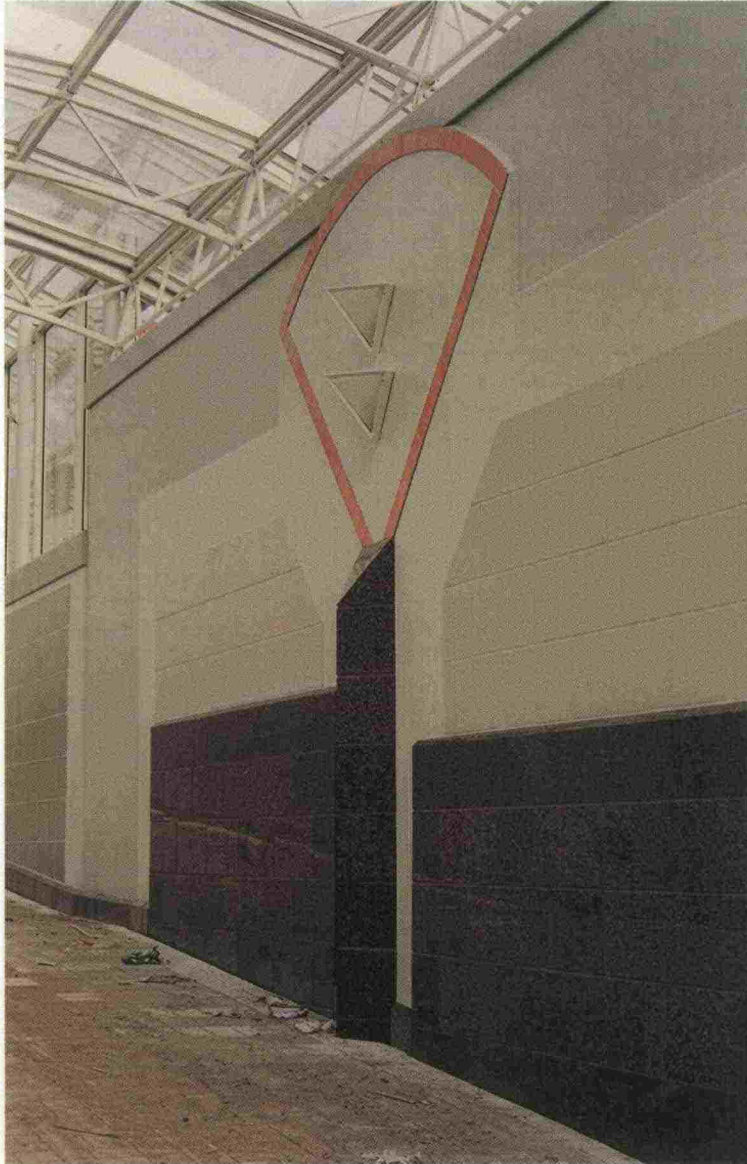
#### Kivipinnan pintakäsittely

Sahattu kivipinta viimeistellään mekaanisella tai termisellä pintakäsittelyllä. Pintakäsittelytapa vaikuttaa kivipinnan ulkonäköön ja käyttötekniisiin ominaisuuksiin.

Kivituotteiden pintakäsittelyvaihtoehtoja ovat mm.

- lohkottu
- ristipäähakattu
- poltettu
- hiottu
- kiillotettu.

Eri tavoin käsiteltyjen kivipintojen ulkonäön ja valmistustavan kuvaukset sekä tyypilliset käyttökohteet on esitetty taulukossa 7.



Kuva 42. Kiillotettu kivilaatta on tyylikäs ja helppohoitoinen pystypinnoilla.



Taulukko 7. Luonnonkivien pintakäsittelyt.

pinta- käsittely	pinnan kuvaus	valmistustavan kuvaus	soveliaat kivilajit	käyttö
kiillotettu	väri voimakas, kiiltävä, kuvastava, naarmuton, sileä ja suora	sahapinta käsitellään hio- makivillä asteittain hie- nonevasti kiiltoon	kaikki tiiviit, ehyet ja riit- tävän kovat kivilajit	kaikki käyttökohteet, pehmeillä kivillä huomi- oitava kiillon pysyvyys käyttöolosuhteissa, on märkänä liukas, ei li- kaannu herkästi ja on helpompi puhdistaa kuin karkea kivipinta
hiottu	väri vaihtelee hionta- asteen mukaan him- meästä ja kuvastamat- tomasta lähes kiiltävään ja heikosti kuvastavaan, naarmuton, sileä ja suora	sahapinta käsitellään hio- makivillä asteittain hie- nonevasti haluttuun ta- soon, pinnan laatu- luokkia ovat karkehiottu, matta- hiottu ja hienohiottu	kaikki tiiviit ja ehyet kivilajit	kaikki käyttökohteet, erityisesti lattiat ja por- taat, hienoksi hiottu pinta voi olla märkänä tai pölyisenä liukas, ei likaannu herkästi ja on helpompi puhdistaa kuin karkea kivipinta
sahattu	väri himmeä ja kuvasta- maton, pinnassa saat- taa olla timanttisauhauk- sesta peräisin olevia naarmuja, sileä ja suora	käsittelemätön, suoraan timanttisauhauksessa synty- vä pinta	kaikki tiiviit ja ehyet kivilajit	kaikki käyttökohteet, erityisesti vähemmän vaativien kohteiden lattiat ja portaot, voi olla märkänä tai pö- lyisenä liukas, ei li- kaannu herkästi ja on helpompi puhdistaa kuin karkea kivipinta
polttettu	melko värikäs, kiven kuvioinnin mukaisesti elävä, karkeahko ja suora	sahapintainen kivi kuumen- netaan nopeasti noin 600 °C:een lämpötilaan ja jääh- dytetään vesisuihkulla, jolloin kivi lohkeilee pinnas- ta, lohkeaminen perustuu kvartsimineraalien olomuod- on muutokseen ja laa- jenemiseen 572 °C:ssa	kaikki kvartsipitoi- set magma- kivilajit, ku- ten graniitti ja jotkut dio- riitit	julkisivut ja ulkopuoli- set kivirakenteet, myös sisäänkäyntien ja sisä- puolisten kulkuteiden lattiat ja portaot, siley- tä voidaan parantaa kevyellä hionnalla, puhtaanapidon helpot- tamiseksi voidaan kä- sitellä suojavahalla
ristipääha- kattu	väri vaaleahko, tasaisen karkea jyväpinta, kuop- pien syvyys < 5mm., suora	kivipintaa hakataan risti- päävasaralla niin, että kiven pinta rikkoontuu tasaisesti kuoppaiseksi, valmistus yleensä automaattiohjatuilla hakkurilla	kaikki kivilajit	lähinnä julkisivut ja ulkopuoliset kiviraken- teet
karkeaha- kattu	väri vaaleahko, tasaisen karkea jyväpinta, kuop- pien syvyys < 10mm., suora	kivipintaa hakataan piikillä niin, että kiven pinta rik- koontuu tasaisesti kuoppaiseksi, valmistus yleensä käsityötä	kaikki kivilajit	lähinnä ympäristöra- kenteet, kuten reunaki- vet ja muurikivet
hiekkapuhallettu	väri vaalea, tasaisen karhea, suora	kivipintaa puhalletaan te- räshiekkasuihkulla niin, että kivipinta rikkoontuu tasaisen karheaksi	kaikki kivilajit	lähinnä kivipintojen kuviointi, koristelu, pintakitkan lisääminen
lohkottu	melko värikäs, luonnolli- nen tai lohkomalla tehty viimeistelemätön luon- nonpinta, epätasainen, suorahko	liuskekivillä pinta on luon- non muovaama, muut kivet lohkotaan joko kiilaamalla tai puristamalla murtoon hydraulisella leikkurilla	liuskekivet, hieno- ja keskirakeiset graniitit, joilla on selvä loh- kosuunta	tasokiveykset, reunaki- vet, portaot, muurit, aidat, pollarit ja muut ulkopuoliset kiviraken- teet

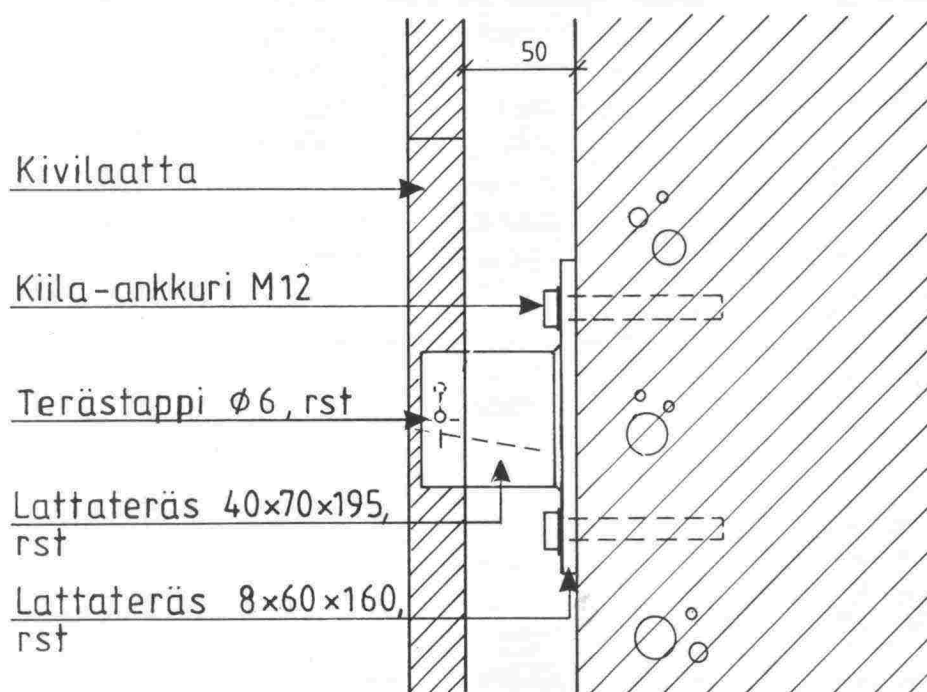
Siltarakenteiden verhouskivet ovat tyypillisesti lohkopintaisia. Pystypinnoissa soveltuvat periaatteessa käytettäväksi kaikki pintakäsittelyt. Kaupunkiympäristössä pintakäsittelyn valinnassa on paikoitellen otettava huomioon töherryksen poisto. Kiillotetuilta pinnoilta tahrat voidaan yleensä poistaa liuottavilla pesuaineilla. Ristipäähakattuja ja lohkontuja pintoja voidaan puhdistaa myös hiekkapuhaltamalla, jolloin puhdistus on tehtävä myös töherryksen ympäriltä. Ulkotilojen liikennöitävissä tasopinnoissa ei liukkausvaaran vuoksi suositella sileitä pintakäsittelyjä.

Luonnonkiviverhous voidaan rakenteellisesti toteuttaa vaihtoehtoisilla tavoilla:

- kivilaattojen jälkiasennus (mekaaninen kiinnitys tai verhomuuraus)
- kivien asentaminen valuun
- kivipintaiset betonielementit.

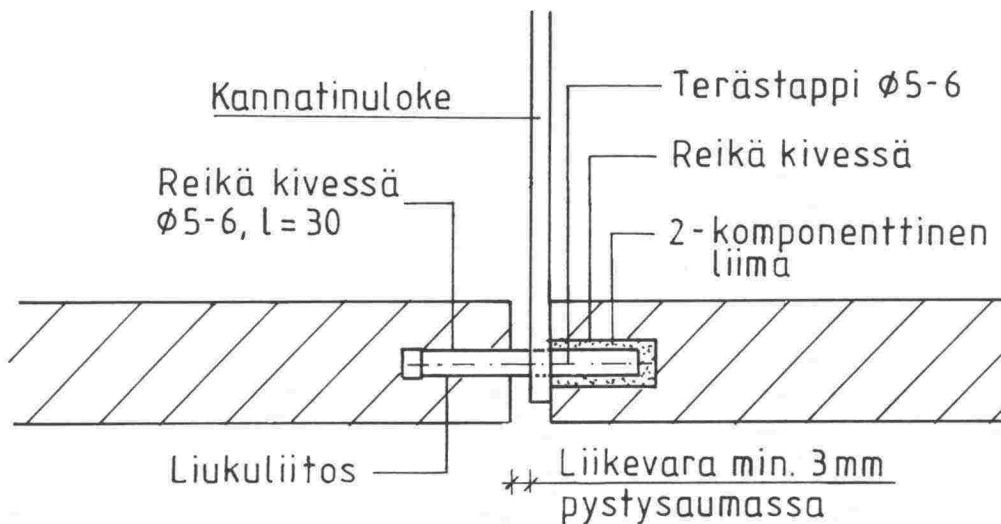
#### Kivilaattojen jälkiasennus

Talonrakentamisessa yleisesti käytetty laattojen jälkikiinnitystekniikka soveltuu hyvin myös siltojen betonipintojen verhouksiin. Verhouspinnan kivilaatat kiinnitetään yksitellen runkoon neljästä pisteestä laattojen vaaka- ja pystysaumoihin sijoitettavilla kiinnikkeillä (kuva 43). Kiinnikkeet suunnitellaan pääsääntöisesti siten, että ne jäävät valmiissa pinnassa näkymättömiin. Kivilaatan reunoihin porataan kiinnitystä varten reiät, joihin asennetaan kiinnikeulokkeiden terästapit (kuva 44).



Kuva 43. Kivilaatan kannatus pystysaumasta.





Kuva 44. Kiven ja kiinnikkeen välinen liitos, vaakaleikkaus.

Kivien mitoitusta määriteltäessä otetaan huomioon

- kuormitukset
- kivilajin ominaisuudet
- sivumittasuhte
- ulkonäkö
- käsiteltävyys.

Jälkiasennettavien kivilaattojen paksuus on pystypinnoissa 30—50 mm. Kivet on edullista mitoittaa niin, että asennus voidaan tehdä käsityönä. Pystypinnoissa suositeltava kivitukko on 0,5—1,0 m<sup>2</sup>. Kivilaatan sivujen mittasuhteen tulee olla enintään 4:1, jotta vältetään kivien rikkoutumiselta käsittelyjen aikana. Pienin suositeltava sivumitta on 300 mm ja suurin 1200 mm. Taloudellisinta on pyrkiä mahdollisimman harvoin laattakokoihin, jolloin kivilaattojen tuotanto ja kiinnitystavat yksinkertaistuvat. Pienissä laatoissa sahauskustannuksen osuus kasvaa, mutta toisaalta isoissa laatoissa kasvaa hukkaprosentti.

Jälkiasennettavien laattojen saumojen suunnittelussa ja mitoituksessa noudatetaan seuraavia periaatteita:

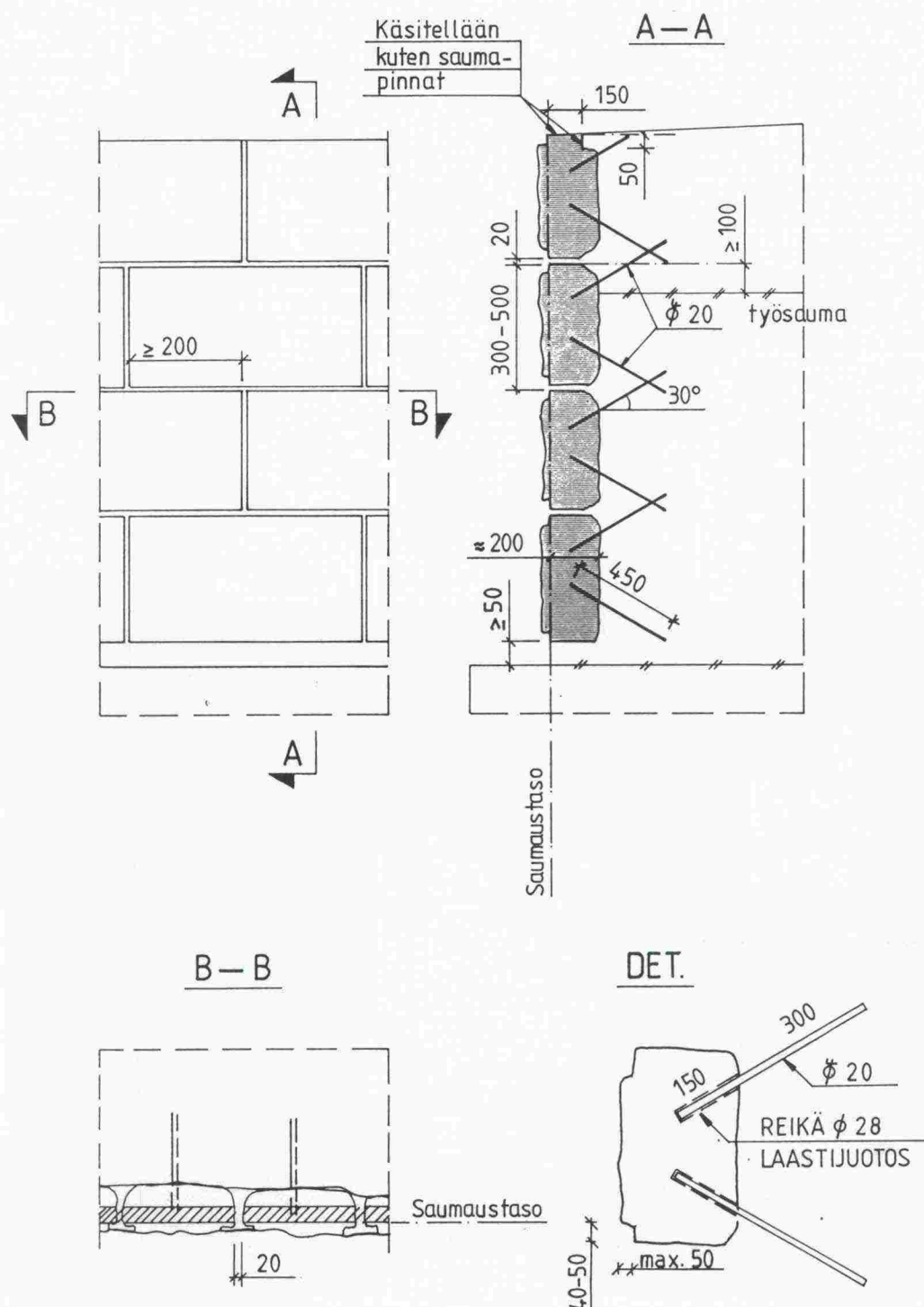
- kiinnikkeiden vaatima tila on 5—6 mm,
- laattojen sallittu mittapoikkeama on 2—3 mm,
- rakenteiden muodonmuutosten edellyttämä liikevara > 2 mm,
- sauman leveyden mittapoikkeama saa olla enintään ± 3,0 mm,
- saumojen auki jättämisestä ei suositella.

Saumojen suositeltava leveys on 10—12 mm. Saumojen tiivistyksessä käytetään umpisoluista alusnauhaa ja saumaus tehdään elastisella saumausmassalla. Jälkiasennettavat laatat tuetaan tarvittaessa taustavalulla, jossa voidaan käyttää esimerkiksi maakostea betonia. Taustavalu parantaa rakenteen kestävyttä iskuja vastaan.

### Kivien asentaminen valuun

Kiviverhouksen kiinnittämistä valuun on perinteisesti käytetty maa- ja väli-  
tuissa. Käytettävien kiven paksuus on noin 200 mm ja kivet ovat usein loh-  
kopintaisia. Kivet kiinnitetään valuun pyöröteräksillä. Saumauksia lukuun  
ottamatta ei kyseisissä verhouksissa ole havaittu juurikaan vaurioita. Ku-  
vassa 45 on esitetty massiivisen kiviverhouksen rakenneperiaate.

### KIVIVERHOUS



Kuva 45. Valuun asennettavien massiivisten kiven kiinnitys.



Valuun asennettavien kivien paksuus on noin 200 mm. Kiven pituuden on oltava sama tai suurempi kuin sen korkeuden, ei kuitenkaan alle 400 mm. Muilta osin pätee edellisessä kohdassa mainitut asiat. Valuun asennettavissa verhouksissa saumat tehdään rakenteellisista ja ulkonäkösyistä yleensä sementtipohjaisella pakkasenkestävällä laastilla ns. kovana saumana.

Alusrakenteissa käytettävää paksuista kivilaatoista tehtyä kiviverhousta koskevat laatuvaatimukset on esitetty SYL 3:n /4/ kohdassa 3.2.5 seuraavasti:

- Verhouskivien on oltava hyvälaatuista graniittia tai muuta hyväksyttävää syväkivilajia.
- Kivien korkeus saa vaihdella niiden ollessa eri kerroksissa  $\pm 30$  mm ja samassa kerroksessa  $\pm 5$  mm. Kiven pituuden on oltava sama tai suurempi kuin sen korkeuden, mutta ei kuitenkaan alle 400 mm.
- Vaakasuorien saumapintojen (tukipintojen) pienemmän mitan on oltava  $\geq 80$  mm.
- Lohkopintaisen kiven etupintaan tehdään koppi (kiven etupinnan poikkeama perustasosta), jonka korkeus on enintään 50 mm. Kivien etupintojen reunoihin tehdään 40—50 mm leveät tasaiset kaistat. Pinnassa ei saa esiintyä yli 10 mm:n syvyisiä saumaustason takapuolelle ulottuvia kuoppia.
- Saumojen leveys on  $20 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ .



Kuva 46. Kiviverhoilu maatuessa.

### Kivipintaiset betonielementit

Kivilaattojen kiinnitys voidaan tehdä elementin valun yhteydessä tai jälkikiinnityksenä työmaalla. Elementtitehtaalla laatat ladotaan muottiin ulkopinta ulospäin ennen ulkokuoren betonin valua. Elementtitehtaalla valmistusolosuhteiden hallinta on helpompaa kuin työmaalla. Kuorielementtien käyttö ei kuitenkaan usein ole taloudellisesti perusteltua siltarakenteiden verhouksissa. Tällöin ohutlaatat voidaan kiinnittää jälkikiinnityksenä työmaalla.

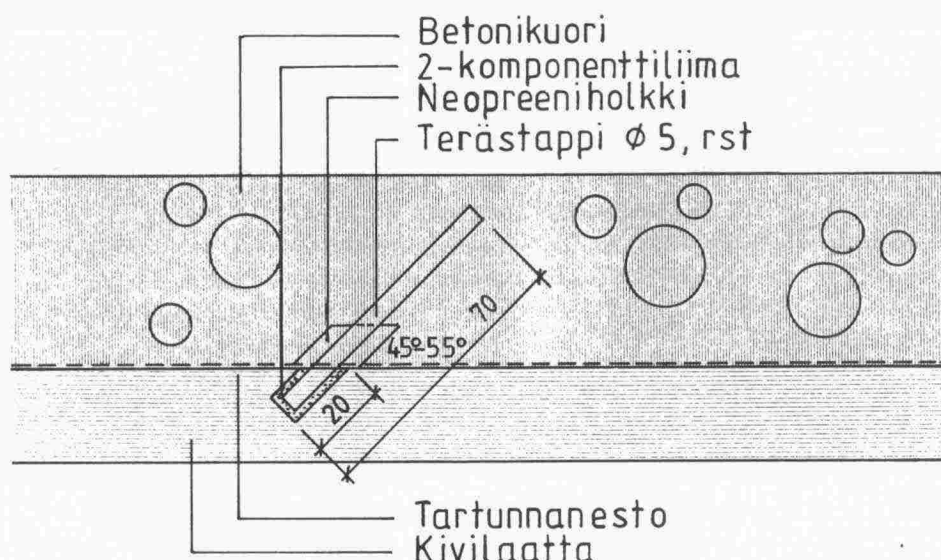
Ohutlaataalla tarkoitetaan tyypillisesti pienehköä, 10 mm:n paksuista, mittatarkaksi kalibroitua kivilaattaa, jonka takapintaan on jyrsitty urat tms. tartuntaa parantavat työstöt. Tavanomaisten kivilaattojen tartuntapotentiaali on yleensä riittävä. Tarvittaessa tartuntapotentiaali voidaan testata esimerkiksi menetelmällä VTT-test 368-88.

Jälkikiinnityksessä käytettävät kiinnityslaastit voidaan jakaa

- yksikomponenttisiin sementtipohjaisiin laasteihin
- kaksikomponenttisiin sementtipohjaisiin laasteihin
- polymeeripohjaisiin kiinnitysmassoihin.

Yleensä käytetään sementtipohjaisia laastityyppejä.

Kivilaatat voidaan kiinnittää betonikuoreen myös mekaanisesti joko suoraan valun yhteydessä tai jälkikiinnityksellä. Valussa ankkuroituvia mekaanisia kannattimia ovat erilaiset kivilaatan takapintaan tai reunaan ennen valua liimattavat tapit ja koukut (kuva 47). Mekaanisia kiinnityksiä käytettäessä kivilaatan ja betonin välinen tartunta estetään esimerkiksi muovikalvon avulla ja kivilaattojen saumat tehdään aina elastisiksi. Joissakin tapauksissa on tarkoituksenmukaista kiinnittää osa julkisivukivistä, esimerkiksi pieli- tai kulmakivet, jälkeenpäin. Näiden kivien kiinnitystapa suunnitellaan tapauskohtaisesti yleisten kiven kiinnityksperiaatteiden mukaisesti.



Kuva 47. Kivilaatan kiinnitys takapinnasta vinotapilla.



### 4.7.3 Puu

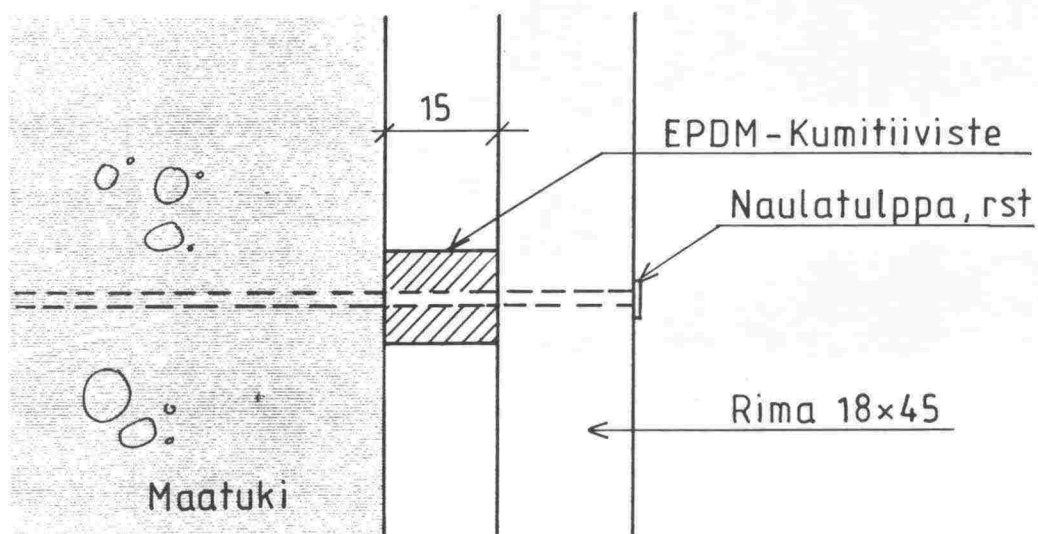
Puuverhouksilla voidaan elävöittää pintoja varsin pienillä kustannuksilla. Puuverhoukset vaativat kuitenkin enemmän kunnossapitoa kuin muut verhouksmateriaalit. Puuverhouksilla ei ole yleensä alustaa suojaavaa vaikutusta, eli pääasiallinen syy puuverhousten käyttöön onkin pinnan elävöittäminen. Tästä syystä puuverhoukset voidaan usein luokitella ympäristötaiteeksi. Suunnittelussa on mukana yleensä arkkitehti. Puuverhoukset ovat käyttökelpoisia ratkaisuja suurten ja yhtenäisten betonipintojen elävöittämiseen etenkin korjausrakentamisessa.



Kuva 48. Puurimoitusta alikäytävässä.

Suunnittelussa on otettava huomioon seuraavaa:

- Puuverhousten sijoittelu ja suunta valitaan siten, etteivät ne kerää likaa ja lunta tai houkuttele kiipeämään.
- Puuverhoukset kiinnitetään siten, että niiden vaihtaminen on tarvittaessa helppoa.
- Puuverhouksen ja betonipinnan välille asennetaan välikkeet siten, että puu ei ole kosketuksissa betonin kanssa.
- Käytettävän puun on oltava painekyllästettyä tai muuten sääräsituksia vastaan suojattua (esim. lämpökäsiteltyjä).
- Rimoituksen tekoa ja painekyllästetyn puun käyttöä on käsitelty julkaisuissa *Puun käyttö meluesteissä /33/* ja *Meluesteet /34/* sekä *RT-kortissa 21-10688 Kyllästetty puutavara*.
- Puupintojen maalaus käsittelyt tehdään *Maalaus 93 -ohjeen /35/* mukaisesti.
- Puuverhousten käyttöä on vältettävä töhertelyalttiissa paikoissa.



Kuva 49. Puuverhouksen kiinnitys betonialustaan.

#### 4.7.4 Teräs

Teräslevyjä on käytetty siltojen betonipintojen verhousmateriaalina lähinnä silloin, kun teräslevy toimii samalla muottirakenteena (esim. vesistösiltojen pilarit). Kloridien vaikutuksille alttiissa kohdissa käytetään haponkestävää terästä (X2CrNiMo 17-12-3, SFS-EN 10088—1). Muissa osissa voidaan käyttää ruostumatonta terästä (X2CrNi 18-9, SFS-EN 10088—1). Levyjen ulkonäköä voidaan parantaa käyttämällä hiontaa tai hiekkapuhallusta. Teräslevyjen työnsuoritukseen liittyviä laatuvaatimuksia on esitetty SYL 3:n /4/ kohdassa 3.2.6.

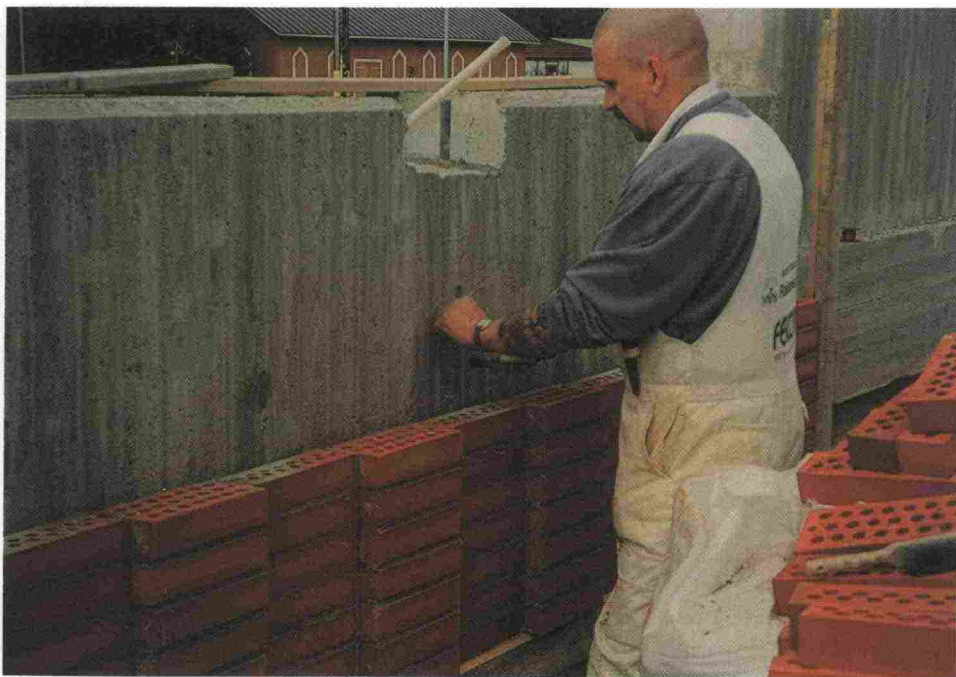


Kuva 50. Teräslevyillä verhotut välituet.



#### 4.7.5 Tiili

Suomessa tiiltä on käytetty maatumien verhousteriaalina kaupunkiympäristöissä. Useimmiten on käytetty poltettua punatiiltä tai kuorielementeissä tiililaattoja.



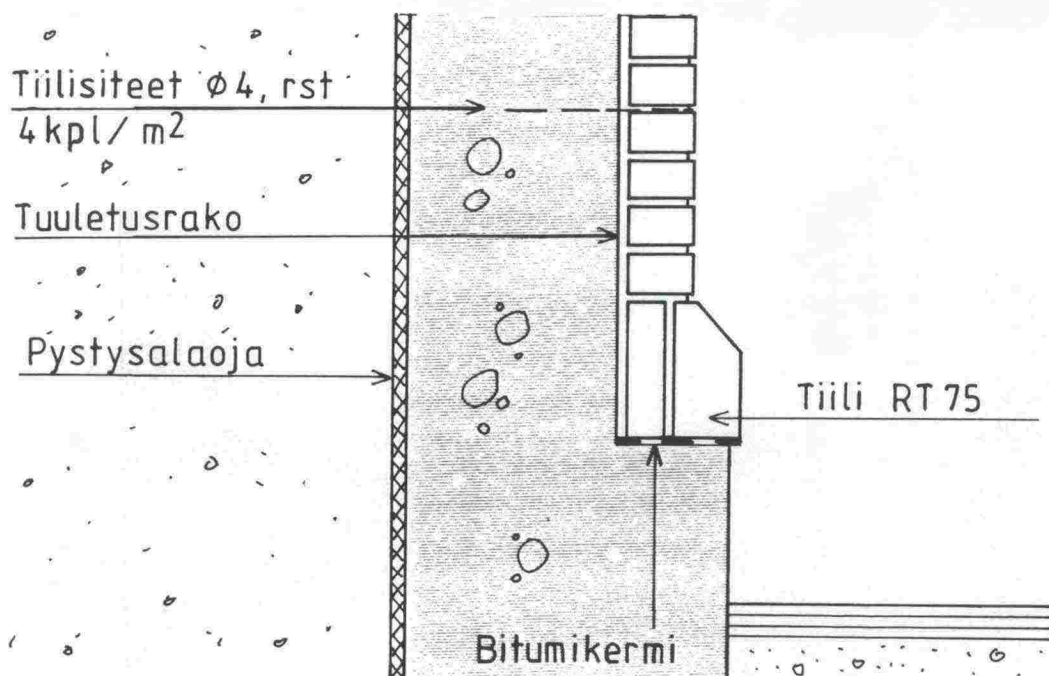
Kuva 51. Tiiliverhouksen tekoa.

Sillanrakentamisen yleisissä laatuvaatimuksissa (SYL) ei ole käsitelty tiilirakenteita. Valmista tiiliverhouspintaa koskevat laatuvaatimukset on esitetty seuraavissa julkaisuissa:

- *RunkoRYL 2000 /8/, kohta 411.5*
- *Betonipinnat by 40 /9/, kohta 7.1. tiililaattapinnat.*

Suunnitelmissa on otettava huomioon seuraavaa:

- Tiilien ja saumalaastien on oltava pakkasenkestäviä eli julkisivumuurauksiin tarkoitettuja.
- Muurauksen tai kuorielementin taakse jätetään vähintään 30 mm:n tuuletusrako ja aukot tuuletusta varten.
- Rakenteen liikuntasauojen kohtiin tehdään myös verhoukseen liikuntasauva elastisella saumaussmassalla.
- Erityistä huomiota kiinnitetään verhouksen ja keilöjen liittymäkohtiin, koska tiilipinnan etäisyyden maanpinnasta on oltava vähintään 300 mm.
- Tiilipinnasta on vaikeaa poistaa töherryksiä pinnan huokoisuuden takia, joten pinnan suojaaminen suoja-aineella on useimmiten välttämätöntä.



Kuva 52. Tiiliverhous maatuessa.

#### 4.7.6 Levyt ja verkot

Levyverhoukset ovat käyttökelpoisia lähinnä korjattaessa massiivisia alusrakenteita, joissa ei ole teräskorroosiota tai rakenteen kunto ei edellytä jatkuvaa seurantaa. Levyjen valinnassa ja sijoittelussa on varottava, että sillasta ei saa "pahvista" vaikutelmaa. Levytyksessä voidaan käyttää julkisivulevyjä, joita ovat polymeeripohjaiset valetut levyt, kuitusementtilevyt, kalsiumsiliikaattilevyt ja pinnoitetut vanerilevyt.

Irrotettavia teräsverkkoja on käytetty siltarakenteissa lähinnä rakenteiden suojaukseen mekaaniselta rasitukselta tai ilkivallalta. Verkoilla ja reikälevyillä voidaan kuitenkin myös elävöittää betonipintoja, mutta hyvä lopputulos vaatii huolellisempaa paneutumista suunnitteluun kuin muilla verhousmateriaaleilla.

Sillanrakentamisen yleisissä laatuvaatimuksissa (SYL) ei ole käsitelty levyverhouksia. Valmista verhouspintaa koskevat mittatarkkuuden laatuvaatimukset on esitetty julkaisun *RunkoRYL 2000 /8/* kohdassa 55.53.

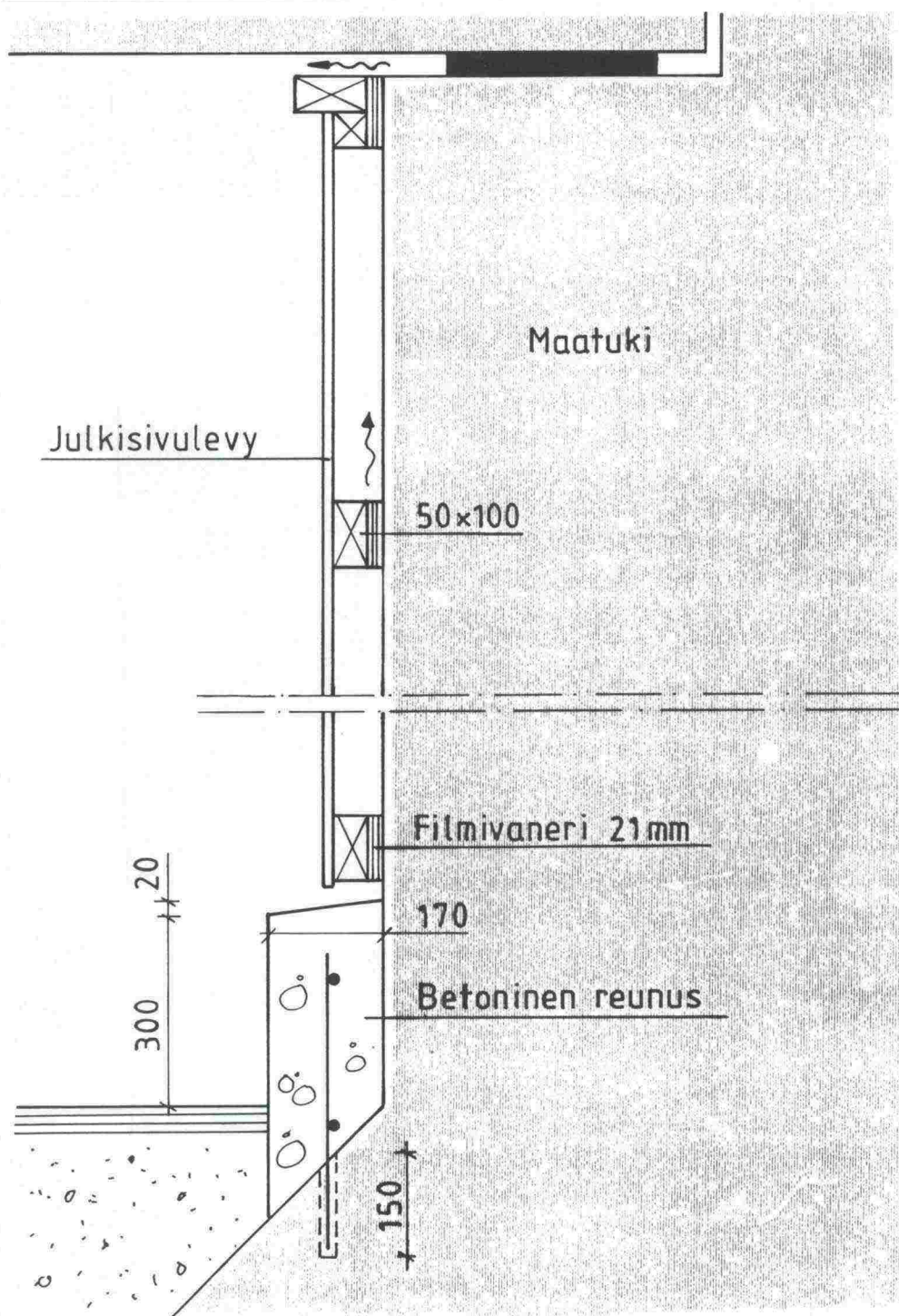




Kuva 53. Levyverhous sillan maatuessa.

Suunnittelussa on otettava huomioon seuraavaa:

- Levyverhous suojataan aurauskalustolta esim. verhouksen alaosaan asennettavalla betonisella reunuksella.
- Levytyksen taustatila tehdään tuulettuvaksi. Keilojen kohdilla on usein käytettävä tuuletusaukkoja, jotka varustetaan ritalällä.
- Pintojen mahdolliset epätasaisuudet (esim. muottien taipumisen takia) otetaan huomioon koolausta suunniteltaessa.
- Levyjen välisiä pystysaumoja ei pitäisi sijoittaa rakenteen ulkokulmiin, vaan kulmissa pitäisi käyttää valmiita kulmakappaleita.
- Levyjen kiinnitys suunnitellaan siten, että yksittäisten levyjen vaihtaminen on mahdollista.
- Töherrysten puhdistettavuutta varten on kehitetty pinnoitettuja teräslevyjä.
- Koolauksena käytetään painekyllästettyä puuta.



Kuva 54. Poikkileikkauspiirros maatukien levyverhouksesta.

#### 4.7.7 Kuorielementit

Betonisia kuorielementtejä käytetään joko pinnan verhouksena tai valmiin betonipinnan muodostavana muottina tai rakenteen osana. Kuorielementtien pintoja voidaan elävöittää monella tavalla. Kuvioinnin ja pesubetonin lisäksi tulevat kysymykseen happopesu, peittaus ja hionta. Polymeeribetonista valmistetuista kuorielementeistä on saatu hyviä kokemuksia varsinkin sillan pilareita valettaessa. Kuorielementtien käyttöä siltojen muotteina on selostettu *perusjulkaisun* /2/ kohdissa 4.3.3 ja 4.3.4. Vanhoissa rakenteissa selvitetään verhottavien rakenteiden korroosiotila ennen verhouksen tekemistä.





Kuva 55. Muottina käytetty kuorielementti reunapalkissa.

#### 4.8 Pintatyyppien vaikutus betonirakenteen säilyvyyteen

Betonipinnan tekotapa, suojaus tai verhoilu vaikuttavat betonirakenteen säilyvyyteen taulukon 8 (liite 2) mukaisesti. Taulukko on suuntaa-antava. Sen tarkoituksena on antaa karkea käsitys pintaratkaisun säilyvyysominaisuuksista.

#### 4.9 Pintatyyppien materiaaliominaisuudet.

Taulukon 9 (liite 3) tarkoituksena on antaa karkea käsitys pintaratkaisun materiaaliominaisuuksista. Jos materiaaliominaisuudet poikkeavat paljon toisiinsa liittyvissä rakenneosissa, on seurauksena helposti ongelmia.

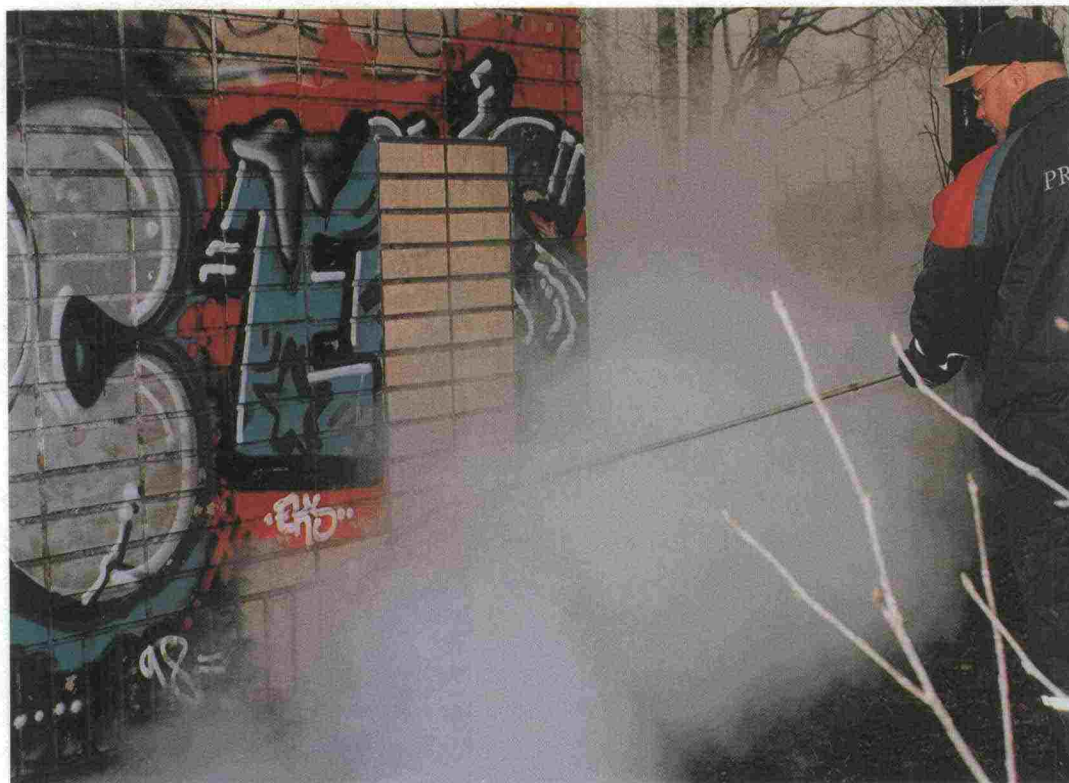
#### 4.10 Pintatyyppien kunnossapito

##### 4.10.1 Töhrerrysten esto

Töhrerrystenestoaineet voivat olla puhdistettavia tai uhrautuvia suoja-aineita. Puhdistettava aine on yleensä jonkin pinnoiteyhdistelmän osa tai puhdistustoimenpiteitä kestävä erillinen suojakerros. Uhrautuvia aineita käytetään sekä pinnoitetun että suojaamattoman pinnan töhrerrystenestoon. Töhrerrystenestoaineita käytetään valmistajan antamien ohjeiden mukaan.

Töherrystenestoainetyypit ovat seuraavat:

1. Puhdistettavat aineet, jotka estävät töherryksiä tunkeutumasta alustaan. Puhdistettavat aineet voivat olla
  - a) betonin tai pinnoitteen päälle levitettäviä aineita, joita on kirkkaita, matta- tai kiiltäväpintaisia ja lakkamaisia (akryyli-, polyuretaani- ja epoksipohjaisia),
  - b) tiiviitä ja läpinäkymättömiä pinnoiteyhdistelmiä, joiden pintakerrokset kestävät merkkauksynien, maalien ja töherrystenpoistajien liuotteita. Useita värejä on saatavana matta- ja kiiltäväpintaisina. Tarkoitusta varten on kehitetty mm. epoksipohjaisia ja teflonpitoisia polyuretaanipohjaisia aineita.
2. Uhrautuvat aineet, jotka peseytyvät pois töherrysten mukana eivätkä muuta pinnan ulkonäköä. Uhrautuvat aineet voivat olla
  - a) polymeeripohjaisia, jolloin niiden osa-aineena on käytetty vahaa irrotusominaisuuksien parantamiseksi; aineet poistetaan liuotteella tai mieluummin vesipesulla, siten niiden ympäristöhaitat ovat vähäisiä,
  - b) vahapohjaisia, töherrysten kuivumista hidastavia; aineet poistetaan vedellä tai muulla sopivalla liuotteella,
  - c) glukoosipohjaisia,
  - d) tärkkelyspohjaisiaja muita uhrautuvia aineita.
3. Uhrautuvat aineet, jotka peseytyvät pois töherrysten mukana ja peittävät pinnan. Nämä aineet sisältävät väripigmentejä.



Kuva 56. Töherrykset peseytyvät pois uhrautuvan töherrystenestoaineen mukana.



Töhrerykset poistetaan mahdollisimman pian, koska tuoreena töhrerys irttaa helpommin ja on todettu, että ilkivalta vähenee mitä nopeammin toimitaan. Töhrerysten poistoa voidaan helpottaa etukäteen erilaisilla suoja-aineilla. Suoja-aineet estävät töhrerysvärien tunkeutumisen suojattuun pintaan ja helpottavat näin puhdistusta. Myös ns. varjokuvien poisto helpottuu, koska värit voidaan poistaa myös betonipinnan huokosista, jossa ne muuten aiheuttavat etäältä havaittavan varjokuvan. Uhrautuvat aineet joudutaan uusimaan töhrerystä laajemmalta alalta.

Erilaisia pinnanpuhdistusmenetelmiä on selostettu *SILKO-ohjeessa /36/*.



Kuva 57. Töhrerykset on poistettava pinnoilta mahdollisimman pian.

#### 4.10.2 Pintatyypin vaikutus kunnossapitoon

Taulukossa 10. (liite 4) on vertailtu erilaisten pintatyypin vaikutusta kunnossapitoon. Pintatyypin valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat vaurioitumisherkkyys, puhtaanapitotarve, töhrerysten poistettavuus ja korjaustyön vaikeus. Lisäksi on otettava huomioon, että töhreryksiä ei ilmesty kaikille pinnoille.

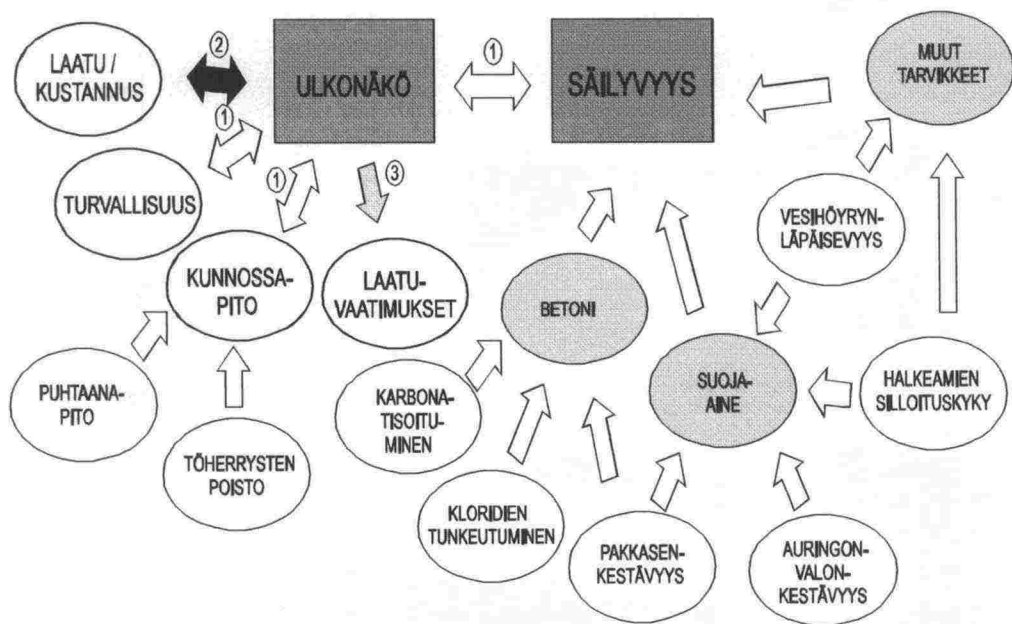
## 4.11 Pinnoille asetettavat tavoitteet

Tilaaaja asettaa tavoitteet tapauskohtaisesti esimerkiksi seuraavista aihepiireistä:

- käyttöikä (taulukko 11, liite 5)
- ulkonäkö: siltapaikkaluokka, värisävy, pinnan muotoilu ja kuviointi, puhdistettavuus jne.
- rakenne: läpi suotautuva kosteus (taulukko 11, liite 5), vauriot jne.
- työmaajärjestelyt; sääsuojan käyttö, liikenteen järjestely ja ohjaus jne.
- ympäristönsuojelu: ongelmajätteet, pöly, melu jne.
- kustannukset.

## 4.12 Betonirakenteiden pintojen periaateratkaisu

Tilaaaja tekee periaateratkaisun suunnittelijan laatiman vaihtoehtovertailun perusteella. Vaihtoehdot valitaan tilaaajan asettamien tavoitteiden pohjalta. Suunnittelija esittelee tilaajalle kysymykseen tulevat pintatyypit ja niiden erot säilyvyyden, materiaaliominaisuuksien, kunnossapidon ja kustannusten suhteen. Vaihtoehtoja on vertailtava periaateratkaisun valintaa varten siltakohtaisesti tärkeitä tavoitteita painottaen (kuva 58).



- ① Vaihtoehtoja verrataan kulloinkin tavoitteeksi asetettuihin vaatimuksiin.
- ② Valittua vaihtoehtoa tarkastellaan kustannusvertailuna muihin vaihtoehtoihin.
- ③ Valitulle vaihtoehdolle määritetään laatuvaatimukset.

Kuva 58. Vaihtoehtojen vertailussa huomioon otettavat asiat.



#### 4.13 Betonirakenteiden pintojen laatuvaatimusten laatiminen

Siltakohtaiset laatuvaatimukset täydentävät ja tarkentavat *Sillanrakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia (SYL)*. Siltakohtaiset laatuvaatimukset esitetään periaateratkaisun perusteella valitulle pintatyypille. Pintatyypistä esitetään ainakin työn kuvaus, yleiset asiat ja laatuvaatimukset.

Sillan rakennussuunnitelma voi sisältää toimeksiannon mukaan myös rakennustyötä koskevia työtapaehtouksia esim. pinnoitustyöstä ja kivilaattaverhoustyöstä.

Betonirakenteiden pintatyyprien siltakohtaisista laatuvaatimuksista ja työtapaehtouksista on esitetty malleja julkaisussa *Siltöjen betonirakenteiden pinnat. Siltakohtaisten laatuvaatimusten ja työtapaehtousten mallit /1/*.

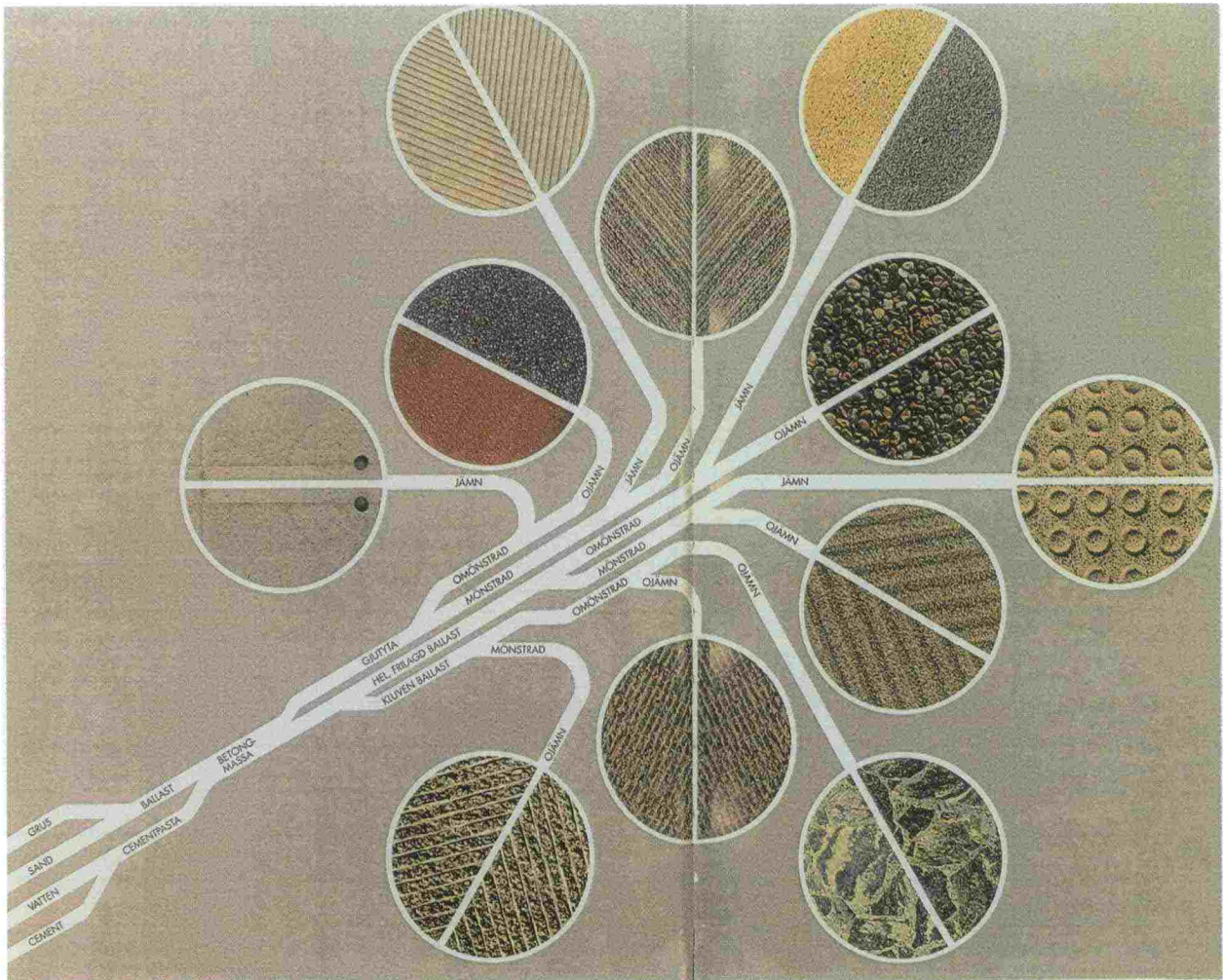
## VIITEJULKAISUT

- /1/ Siltojen betonirakenteiden pinnat. Siltakohtaisten laatuvaatimusten ja työtapaehtotusten mallit. Helsinki, Tiehallinto 2000. TIEL 2170013. ISBN 951-726-608-1.
- /2/ Siltojen betonipintojen ulkonäön parantaminen. Helsinki: Tiehallinto, 1997. 61 s. TIEL 2170011. ISBN 951-726-328-7.
- /3/ Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Yleiset ohjeet - SYL 1. Helsinki: Tiehallinto, 1996. TIEL 2210003-96. ISBN 951-726-216-7.
- /4/ Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Betonirakenteet SYL - 3. Helsinki: Tiehallinto, 1996. TIEL 2210005-96. ISBN 951-726-218-3.
- /5/ SILKO-yleisohjeet. TIEL 2230095.  
SILKO-korjausohjeet. TIEL 2230096.  
SILKO-tarviketiedosto. TIEL 2230097.  
SILKO-työvälinetiedosto. TIEL 2230098.  
Helsinki: Tiehallinto, siltayksikkö
- /6/ Risteyssiltojen estetiikka. Helsinki: Tielaitos, 1993. 159 s. TIEL 2170004. ISBN 951-47-7667.
- /7/ Betonirakenneohjeet. Helsinki: Tiehallinto, siltayksikkö, 2000. TIEL 2172073-2000. ISBN 951-726-616-2.
- /8/ RYL 2000. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset.
- /9/ Betonipinnat by 40. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y., 1994. 94 s. ISSN 0358-5239.
- /10/ Betonirakenteiden korjausohjeet by 41. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y., 1996. 92 s. ISSN 0358-5239.
- /11/ Betoni- ja luonnonkivituotteet päällysterakenteena. Helsinki: Suomen kuntatekniikan yhdistys, julkaisu 14, 1997. 131 s. ISBN 952-5075-02-8.
- /12/ Paikallavaletut betonipinnat - Suunnittelu ja toteutus. Helsinki: Kestävä kivitalo - projekti, 1998. 42 s. ISBN 952-5075-14-1.
- /13/ Hertzell Tage, Betongens yta. Solna 1996. 279 s. ISBN 91-540-5736-1.
- /14/ Siltojen suunnitelmat. Helsinki: Tiehallinto 2000. TIEL 2172067-2000. ISBN 951-726-615-4.
- /15/ Purkamis- ja esikäsittelymenetelmät. Helsinki: Tiehallinto, 1991. 30 s. SILKO 1.203. TIEL 2230095 - SILKO 1.203.
- /16/ Polymeerit sillankorjausmateriaalina. Helsinki: Tiehallinto, 1990. 33 s. SILKO 1.202. TIEL 2230095 - SILKO 1.202.
- /17/ Sillan ympäristösuunnittelu. Helsinki: Tiehallitus 1990. 67 s. TIEL 703 451. ISBN 951-47-2720-7.
- /18/ Silta ja ympäristö. Helsinki. Tie- ja vesirakennushallitus 1987. 80 s. TVH 723443. ISBN 951-46-7313-1.
- /19/ Sillansuunnittelun lähtötiedot. Helsinki, Tiehallinto 2000. TIEL 2172054-2000.
- /20/ Impregnointi- ja tiivistysaineet. Helsinki: Tiehallinto, 1998. 6 s. SILKO 3.252. TIEL 2230097 - SILKO 3.252.  
Pinnoitusaineet. Helsinki: Tiehallinto, 1998. 6 s. SILKO 3.253. TIEL 2230097 - SILKO 3.253.
- /21/ Betoni sillankorjausmateriaalina. Helsinki: Tie- ja vesirakennushallitus, 1987. 39 s. SILKO 1.201. TIEL 2230095 - SILKO 1.201.
- /22/ RakMK B4. Betonirakenteet. Ympäristöministeriö, 1993. 41 s.



- 
- /23/ Sillantarkastusohje. Helsinki: Tiehallinto, 1999. 99 s. TIEL 2232219-99. ISBN 951-726-513-1.
  - /24/ Siltöjen tukitelineet. Helsinki: Tielaitos 1996. TIEL 2170009. ISBN 951-726-154-3.
  - /25/ Tukitelineohjeet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 1993. RIL 147. 91 s. ISBN 951-758-307-9
  - /26/ Betonointi ruiskuttamalla. Helsinki: Tielaitos, 1994. 23 s. SILKO 1.232. TIEL 2230095 - SILKO 1.232.
  - /27/ Betonin suojaaminen. Helsinki: Tiehallinto, 1998. 43 s. SILKO 1.251. TIEL 2230095 - SILKO 1.251.
  - /28/ Guidelines for the Protection and Repair of Concrete Components. The German Committee on Reinforced Concrete - DAfStb. Berlin 1991.
  - /29/ Betonin suoja-aineiden SILKO-kokeet. Espoo: VTT/RTE 1998.
  - /30/ RYL 90 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 1990.
  - /31/ Luonnonkivi verhouismateriaalina. Helsinki: Tie- ja vesirakennushallitus, 1989. 21 s. SILKO 1.501. TIEL 2230095 - SILKO 1.501.
  - /32/ Mesimäki Pekka, Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohje. Kiviteollisuusliitto ry, 1994 . 179 s. ISBN 951-97026-0-1.
  - /33/ Puun käyttö melusteissä. Helsinki: Tiehallinto 1999. 23 s. TIEL 2140016. ISBN 951-726-526-3.
  - /34/ Teiden suunnittelu V. Tiehen kuuluvat laitteet 3. Melusteet. Helsinki. Tiehallinto 1997. 39 s. TIEL 2140013. ISBN 951-726-382-1.
  - /35/ Maalaus 93 Uudis- ja huoltomaalauksen käsittely-yhdistelmät
  - /36/ Betonipinnan kemiallinen puhdistus, SILKO 2.251, 12/1992

Pastan, runkoaineen sekä pinnan karkeuden ja kuvioinnin vaikutus betonipintaan/13/.



grus = sora  
sand = hiekka  
vatten = vesi  
cement = sementti  
ballast = runkoaine  
cementpasta = sementtipasta  
betongmassa = betonimassa  
gjuttyta = valupinta  
hel, frilagd ballast = kokonainen runkoaines  
kluven ballast = murskattu runkoaines  
jämn = sileä  
omönstrad = kuvioimaton  
mönstrad = kuvioitu  
ojämn = karkea



Siltojen betonirakenteiden pinnat. Suunnittelu  
LIITE 2

Taulukko 8. Pintatyyppin vaikutus betonirakenteen säilyvyyteen.

SÄILYVYYS JA VAIKUTUS BETONIIN	PINTA- KERROSTEN PAKKASEN- KESTÄVYYS	PINTAKERROSTEN VESIHÖYRYN- LÄPÄISEVYYS	BETONIN KARBONATI- SOITUMINEN	KLORIDIEN TUNKEUTUMINEN BETONIIN
PINTATYYPPI		pienenee= -	hidastuu = +	hidastuu = +
VALETTU BETONI				
- LAUTAMUOTTI	+	-	0	0
- VANERIMUOTTI	0	0	0	0
- TERÄSMUOTTI	-	0	0	0
- MUOVIMUOTTI	-	0	0	0
- MUOTTIKANGAS	+	-	+	+
RUISKUBETONI <sup>1)</sup>	+	-	+	+
VÄRIBETONI	0	0	0	0
PESUBETONI	-	+	-	-
HIERTO	0	0	0	0
HARJAUS	0	0	0	0
SUIHKUPUHDISTUS	-	+	-	-
HAKKAUS	-	+	-	-
IMPREGNOINTI	+	0	+	+
TIIVISTYS	+	-	- ... +	+
PINNOITUS <sup>2)</sup>	+	- -	++	++
TÖHERRYSTENESTO	0	0	0	0
KLINKKERI	++	- -	++	++
TIILILAATTA	++	0	++	0
GRANIITTI, valuuun asennettu	++	- -	++	++
GRANIITTI, jälkikiinnitys (tuuletusrako)	++		-	++
LEVYVERHOUKSET (tuuletusrako) puu, teräs	++		-	++
TIILI (tuuletusrako)	++		-	++
TERÄSLEVY	+	- -	++	++
VERKOT	0	0	0	0

- - = huonontaa merkittävästi
- = huonontaa
- 0 = ei vaikutusta
- +
- ++ = parantaa huomattavasti

<sup>1)</sup> Ruiskubetoni kantavana rakenteena ilman hierontaa.  
<sup>2)</sup> Osa pinnoitteista voi silloittaa halkeamia.

Taulukossa on oletettu seuraavaa:

- Rakenne täyttää Tielaitoksen vaatimukset, eikä esimerkiksi rakenteeseen pääse suotautumaan vettä suoja-aineen tai verhoilun taakse.
- Suoja-aineet sekä verhoilumateriaalit ja -tarvikkeet täyttävät Tielaitoksen vaatimukset.
- Työnsuoritus vastaa kaikilta osin Tielaitoksen vaatimuksia.
- Verhouksiin sisältyvät kiinnitys- ja saumaustarvikkeet sekä -materiaalit.

Taulukko 9. Pintatyypien materiaaliominaisuuksia.

MATERIAALI- OMINAISUUS PINTATYYPPI	TIHEYS (DIN 52102) kg/m³	KIMMO- KERROIN N/mm²10³	PITUUDEN LÄMPÖTI- LAKERROIN 1/°C 10⁻⁶	PURISTUS- LUJUUS (DIN 52105) N/mm²	TAIVU- TUSVETO- LUJUUS N/mm²	KOVUUS Mohs	VEDEN- IMUKYKY (DIN 52103) paino-%
BETONI	2200...2300	20...45	10	15...100	2...8	2...4	5...10
RUISKUBETONI	2200...2400	20...45	10	30...70	5...10	2...4	
KLINKKERI	2700	70	5...9	180	27...35	6...8	0,2...3
LUONNONKIVI - graniitti	2500...2800	30...60	5...9	150...300	6...25	6	0,1...0,5
PUU - kuusi	460	11	4 ⊥ 58	43 ⊥ 5,8	20...60 ⊥ 1...10		
- mänty	490	12	5 ⊥ 34	47 ⊥ 7,7	20...60 ⊥ 1... 10		
TERÄS	7850	210	10	350...850	350... 850		0
ALUMIINI	2700	70	24	35...180	35...180		0
TIILI	1300...1800	5...25	4...8	15...45	2...5	4	5...20
VANERI	520...700	taivutus    5,2...11,1 ⊥ 2,9...7 veto/puristus    4,6...8,6 ⊥ 4,4...7,4		2,2...3,8 ⊥ 1,9...3,3	2...6,6 ⊥ 1,7...5,4		

|| = syyn suuntaan  
⊥ = kohtisuoraan syytä vastaan



Taulukko 10. Pintatyyppin vaikutus kunnossapitoon

VAIKUTUS KUNNOSSAPITOON  PINTATYYPPI	KORJAAMINEN				PUHTAANAPITO		TÖHERRYSTEN POISTO (helpottuu +)	UUSIMINEN	
	Korjausväli (pitenee = +)		Korjaustyö (helppo +)		Likaantu- misaika ( pitenee +)	Puhdis- tustyö <sup>5)</sup> (pieni +)		uusimisväli (pitenee +)	uusimis- työ (pieni +)
VALETTU BETONI									
- LAUTAMUOTTI	+		O		-	-	-	O	
- VANERIMUOTTI	O		O		O	O	O	O	
- TERÄSMUOTTI	-		O		O	O	O	O	
- MUOVIMUOTTI	-		O		O	O	O	O	
- MUOTTIKANGAS	+		O		O	O	O	O	
RUISKUBETONI <sup>7)</sup>	-		O		-	-	-	O	
VÄRIBETONI	O		O		-...++ <sup>3)</sup>	-...+ <sup>3)</sup>	O...+ <sup>3)</sup>	O	
PESUBETONI	-		-		-	--	--	O	
HIERTO	O		O		O	O	O	O	
HARJAUS	O		O		-	-	-	O	
SUIHKUPUHDISTUS	-		-		-	+	+	O	
HAKKAUS	-		-		-	+	-	O	
IMPREGNOINTI	--	+	+		+	+	+	--	++
TIIVISTYS	-	+	+		+	+	+	-	++
PINNOITUS	-	O ... +	+	-	-...+ <sup>4)</sup>	-...+ <sup>4)</sup>	- ...++	-	+
TÖHERRYSTENESTO	--	O	+		O...++	++	++	--	++
KLINKKERI	+	++	-	--	+	O	O	+	-
TIILILAATTA	O	O	-	--	- ... + <sup>3)</sup>	O	-	O	-
GRANIITTI (valuun asennettu)	++	++	--	--	+	O	+	++	--
GRANIITTI (jälkikiinnitys)	++	++	-	--	+	+	+	+	--
TERÄSLEVYT (jälkiasennettu)	++	++	-	--	++	+	+	+	-
MUUT LEVYT (jälkiasennettu)	<sup>6)</sup>	++	-	--	<sup>6)</sup>	<sup>6)</sup>	<sup>6)</sup>	<sup>6)</sup>	-
TIILI	-	++	-	--	-	-	-	+	-
VERKOT	+	O	+	-	-	-	-	-	-

-- = Huonontaa merkittävästi  
- = huonontaa  
O = ei vaikutusta  
+ = parantaa  
++ = parantaa huomattavasti

<sup>1)</sup> Verhoilu tai pinnoitus  
<sup>2)</sup> Verhoilu tai pinnoitus + betoni  
<sup>3)</sup> Riippuu väristä  
<sup>4)</sup> Riippuu väristä ja pinnoitetyypistä  
<sup>5)</sup> Sisältää suoja-aineen uusimisen tarvittaessa  
<sup>6)</sup> Riippuu verhoilulevystä ja rangasta  
<sup>7)</sup> Ruiskubetoni kantavana rakenteena ilman hiettoa

Taulukko 11. Pintatyyppin vaikutus kosteudensuotautumiseen, käyttöikään ja kustannuksiin.

PINTATYYPPI	KOSTEUDEN SUOTAUTUMISESTA RAKENTEEN PINTAAN JOHTUVAT RAJOITUKSET	KÄYTTÖIKÄ- TAVOITE + = pitenee	HINTAERO KÄSITTELE- MÄTTÖMÄÄN PINTAAN VERRATTUNA mk/m <sup>2</sup> , alv 0 % <sup>1) 2)</sup>
VALETTU BETONI			
- LAUTAMUOTTI	O	O	O
- VANERIMUOTTI	O	O	O
- TERÄSMUOTTI	O	O	O
- MUOVIMUOTTI	O	O	O
- MUOTTIKANGAS	O	+	130
RUISKUBETONI - pintakerroksena - kantavana rakenteena, t=200 mm	+ O	+ O	200 500
VÄRIBETONI	O	O	100
PESUBETONI	O	O	70
HIERTO	O	O	O
HARJAUS	O	O	O
SUIHKUPUHDISTUS	O	O	50
HAKKAUS	O	O	100
IMPREGNOINTI	-	+	100
TIIVISTYS	-	+	100
TÖHERRYSTENESTO	-	O ... +	20
PINNOITUS	-	O ... +	100 - 200
KLINKKERI	-	+	300 - 500
TIILILAATTA	O	O	300 - 500
GRANIITTI, valuun asennettu	-	+	1000 - 1500
GRANIITTI, jälkikiinnitetty	O	+	1300 - 2200
PUULEVYT	O	+	400 - 500
TERÄSLEVYT, 2 mm	O	+	600 - 700
MUUT LEVYT	O	O	*)
TIILI	O	+	750 - 850
VERKOT JA RIMAT	O	O	300 - 500

\*) Riippuu levymateriaalista

- = huonontaa
- O = ei vaikutusta
- + = parantaa

1) hintaerot, jotka eivät sisällä alv:a, on ilmoitettu vastaten Maanrakennuskustannusindeksin osaindeksin sillanrakennustyöt pistelukua 105.  
2) Kustannuksissa ei ole huomioitu kunnossapidon ja uusimisen vaikutuksia, vaan ne on arvioitava tapauskohtaisesti. Kustannukset ovat keskiarvoja, joissa voi olla suuriakin materiaaliikohtaisia eroja



ISBN 951-726-607-3  
TIEL 2170012